



Centro Universitário de Brasília – UniCEUB
FATECS – Faculdade de Tecnologia e Ciências
Sociais Aplicadas.
Curso de Engenharia Civil

Viviane Pazzini Pedroso

**ESTUDO COMPARATIVO DE UMA EDIFICAÇÃO UTILIZANDO SISTEMAS
ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA: ESTUDO
DE CASO**

Brasília
2016

Viviane Pazzini Pedroso

**ESTUDO COMPARATIVO DE UMA EDIFICAÇÃO UTILIZANDO SISTEMAS
ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA: ESTUDO
DE CASO**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia civil como requisito obrigatório para a obtenção da colação de grau em Bacharel de Engenharia Civil no UniCEUB – Centro Universitário de Brasília.

Orientador: Prof. Jocinez Nogueira Lima

Brasília

2016

Viviane Pazzini Pedroso

**ESTUDO COMPARATIVO DE UMA EDIFICAÇÃO UTILIZANDO SISTEMAS
ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA –
ESTUDO DE CASO**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia civil como requisito obrigatório para a obtenção da colação de grau em Bacharel de Engenharia Civil no UniCEUB – Centro Universitário de Brasília.

Brasília, 24 de junho de 2016.

Banca Examinadora:

Engº. Civil Jocinez Nogueira Lima, Msc.

Orientador

Engº. Civil Jorge Antonio da Cunha Oliveira, Dr.

Examinador

Engª. Civil Rosanna Duarte Fernandes Dutra, Msc.

Examinadora

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que ao realizarem uma obra se preocupam com o impacto gerado pela mesma, não por medo das leis humanas, que frequentemente não os alcança, mas por respeito e consciência da importância de tudo o que existe neste mundo.

AGRADECIMENTOS

A vida oferece muitos mestres, então sou imensamente e eternamente grata pela oportunidade de aprender sempre e em todas as dimensões do conhecimento. No exercício da gratidão, é difícil nominar todos os professores, amigos e familiares que contribuíram para o conhecimento adquirido até aqui, desta forma, quero agradecer todos os que me arrancaram das trevas da ignorância e que generosamente doaram o conhecimento e o tempo. Quero agradecer em especial ao professor e Engº. Civil Jocinez Nogueira Lima que tão prontamente me orientou na execução deste trabalho e enriqueceu meus conhecimentos, ao professor e Engº. Civil Jorge Antonio da Cunha Oliveira pelo auxílio na elaboração do orçamento, assim como o tempo e auxílio da futura colega de profissão Renata Fialkoski na utilização do software Eberick, sem esquecer o apoio emocional imprescindível e generosamente oferecido por meu esposo o Engº. Mecânico Sandor Henrique Jaeger.

“Acreditava-se que só havia o tempo presente; hoje, dada à subjetividade do tempo, físicos se perdem em cálculos de entropia, questionam a irreversibilidade do tempo e acreditam que o tempo presente não exista, seja apenas uma passagem entre o passado e o futuro. Mas o que é consenso entre físicos e leigos é o valor inestimável que ele possui; somos infinitas possibilidades, se estamos certos ou errados o tempo vai mostrar, e compreendendo a subjetividade do tempo assim como a inviabilidade de sermos todas as possibilidades, devemos, ao menos, ser capazes de reconhecer a importância do que fazemos ao longo do tempo.”

- Viviane Pazzini Pedroso -

RESUMO

No intuito de comparar dois ou mais sistemas estruturais, devemos fazer da forma mais abrangente possível, considerando questões imprescindíveis como dimensões, solicitações, viabilidade econômica, logística, sustentabilidade, prazo de entrega e tudo o mais que possa relacionar a essas questões, lançando mão de uma visão holística e tendo por recurso um pensamento sistêmico como ferramenta de apoio decisório. A abrangência ressaltada, com desígnios comparativos, deve ser devidamente embasada pelas normas vigentes, órgãos de certificações nacionais e internacionais, assim como o conhecimento teórico e prático acumulado no setor da construção civil. O estudo de caso realizado sobre um prédio comercial projetado originalmente em estrutura metálica e posteriormente em estrutura de concreto armado, objetiva respaldar a importância do estudo preliminar na prática, para análise de viabilidade global como fator imprescindível para a escolha do sistema estrutural. Para o caso em estudo, embora a logística seja um pouco mais sofisticada e o orçamento 7,00% superior, em função do nível de industrialização deste sistema que torna a execução mais rápida, necessita mão de obra menos numerosa, elimina os desperdícios, vence grandes vãos, ocupa menor área útil, apresenta um dimensionamento das fundações mais viável em termos de custo-benefício, a estrutura metálica foi considerada a mais viável analisando sistemicamente.

Palavras-chave: Estruturas metálicas. Estruturas de concreto armado. Sustentabilidade. Logística. Pensamento sistêmico.

ABSTRACT

In order to compare two or more structural systems, we must do as comprehensively as possible, considering essential issues such as dimensions, requests, economic viability, logistics, sustainability, delivery time and everything else that can relate to these issues; making use of a holistic vision and taking action through by a systemic thinking as decision support tool. The coverage highlighted, for comparative purposes, should be properly grounded by current standards, organs of national and international certifications, as well as the accumulated theoretical and practical knowledge in the construction sector. The case study on a commercial building originally designed in metal structure and later reinforced concrete structure, aims to support the importance of the preliminary study in practice for global feasibility analysis as an essential factor for the choice of the structural system. For the case study, although the logistics are a bit more sophisticated and budget 7.00% higher, depending on the level of industrialization of this system which makes faster execution, need hand labor less numerous, eliminates waste, wins large spans, occupies less floor space, features a design of more viable foundations in terms of value, the metal structure was considered the most viable analyzing systemically.

Keywords: Steel structures. Reinforced concrete structures. Sustainability. Logistics. Systems thinking.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	02
2.1 OBJETIVO GERAL	02
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	02
3 JUSTIFICATIVA	02
4 METODOLOGIA	02
5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	03
5.1 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	03
5.2 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL	03
5.3 MÉTODO DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	04
5.4 DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES E SOLICITAÇÕES	05
5.5 DURABILIDADE, DESEMPENHO E VIDA ÚTIL	06
5.6 MANUTENÇÃO E SEGURANÇA	06
5.7 SISTEMA CONSTRUTIVO: ESTRUTURA METÁLICA	07
5.7.1 Ligações soldadas	07
5.7.2 Ligações parafusadas	08
5.8 SISTEMA CONSTRUTIVO: ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO	09
5.9 ÉTICA E SUSTENTABILIDADE	10
5.10 CICLO DE VIDA	10
5.11 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	11
5.12 LOGÍSTICA E INFRAESTRUTURA	12
5.13 ORÇAMENTO	15
6 ESTUDO DE CASO	15
6.1 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO	16
6.2 ANÁLISE ESTRUTURAL	19
6.2.1 Ações consideradas	19
6.2.2 Cargas permanentes	20
6.2.2.1 <i>Peso próprio da estrutura metálica</i>	20
6.2.3 Cargas acidentais	20
6.2.4 Cargas devidas ao vento	20
6.2.5 Combinação das ações	22
6.2.6 Áreas úteis	22
6.3 FUNDAÇÕES	23

6.4 LOGÍSTICA E INFRAESTRUTURA.....	23
6.5 ORÇAMENTO	24
6.6 SUSTENTABILIDADE.....	25
7 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	29
7.1 ANÁLISE ESTRUTURAL (EBERICK)	29
7.1.1 Ações consideradas.....	29
7.1.2 Cargas permanentes.....	29
7.1.2.1 <i>Peso próprio da estrutura de concreto armado</i>	29
7.1.3 Cargas acidentais	29
7.1.4 Cargas devidas ao vento.....	30
7.1.5 Combinação das ações.....	30
7.1.6 Áreas úteis	30
7.2 FUNDAÇÕES	31
7.3 LOGÍSTICA E INFRAESTRUTURA.....	31
7.4 ORÇAMENTO	32
7.5 SUSTENTABILIDADE.....	37
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
8.1 ANÁLISE ESTRUTURAL	39
8.1.1 Comparativo entre os pesos dos sistemas estruturais	39
8.1.2 Comparativo entre as áreas úteis dos sistemas estruturais.....	40
8.2 FUNDAÇÕES	41
8.3 LOGÍSTICA E INFRAESTRUTURA.....	41
8.4 ORÇAMENTO	41
8.5 SUSTENTABILIDADE.....	42
9 CONCLUSÕES.....	43
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS.....	44
APÊNDICES	48
ANEXOS	51

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho de conclusão de curso, de acordo com Spector (2001), Bastos, *et al.* (2004) e Oliveira (2004), visa à aplicação dos conhecimentos obtidos durante todo o curso de engenharia civil, com ênfase em estruturas e norteado mais especificamente pelas normas brasileiras ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 8800:2008, além das normas que complementam este estudo.

O estudo de caso foi baseado no dimensionamento estrutural em aço de um prédio comercial, com escritórios e acesso ao público, para instalação de filial do empreendimento Casas Bahia na Av. Cônego João Lima, 1817 no Centro da cidade de Araguaína no estado de Tocantins.

Na fase de estudo preliminar, conforme recomendações de alguns autores como Mattos (2010) e Bellei (2010), devem ser realizados laudos de sondagem segundo recomendações das normas vigentes, laudos de vistoria de vizinhança, com o objetivo de verificar “in loco” a existência de patologias, conforme recomendações da ABNT NBR 13752:1996, assim como realizar estudos de viabilidade do sistema estrutural, de viabilidade econômica, da logística necessária, disponibilidade dos materiais, sustentabilidade, considerando de forma especial, o prazo de entrega e o tipo de empreendimento. Na fase de projeto estrutural, alicerçado no projeto arquitetônico, devem ser realizados o lançamento estrutural, levantamento das cargas para o layout definido e, na sequência, o detalhamento do projeto estrutural.

As análises que orientam o presente trabalho, embora simples, demonstram a necessidade de ampliar e aprofundar a fase de estudo preliminar que de acordo com Keeler e Burke (2009) é imprescindível para compatibilização de projetos e a favor da sustentabilidade. Esse modelo de ação orienta a tomada de decisões referentes ao consumo de energia, aos recursos naturais e à qualidade ambiental. De acordo com os autores, é necessário encarar as variáveis do projeto de maneira holística, utilizando essas variáveis como ferramentas para a solução de problemas.

Intenciona-se, com este estudo comparativo, respaldar a importância do estudo preliminar, para análise de viabilidade, de forma holística, embasada no pensamento sistêmico, para a escolha do sistema estrutural, conforme parâmetros descritos nos objetivos específicos e brevemente explicados através da fundamentação teórica.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral, do trabalho de conclusão de curso, é realizar um estudo de caso em um prédio dimensionado em estrutura metálica, redimensionando o sistema estrutural em concreto armado para fins comparativos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo específico, do trabalho de conclusão de curso, é comparar os dois sistemas estruturais em aço e concreto armado através do peso total e áreas úteis em planta, efeito nas fundações, sustentabilidade, logística e orçamento.

3 JUSTIFICATIVA

O interesse por esse estudo derivou da necessidade de uma análise mais ampla para justificar uma escolha estrutural, considerando que a escolha mais adequada para uma situação não será necessariamente adequada para outra, em função das diferenças geológicas, climáticas, tecnológicas, logísticas, de recursos humanos e de sustentabilidade. Com base nessa percepção a escolha mais viável de um sistema estrutural requer análise holística do projeto, do local, do uso e do prazo, visando o melhor custo benefício, levando em consideração o maior número de variáveis possíveis no estudo preliminar.

4 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho será realizado um estudo de caso utilizando o método cartesiano dedutivo analítico, que se utiliza da intuição e dedução por meio da regra da evidência, da análise, da enumeração e da síntese, evitando-se prevenções e buscando-se a clareza dos fatos e experiências, compartimentando a situação para visualização detalhada. Para efeitos comparativos, as etapas serão organizadas para tornar o projeto mais objetivo, conforme orientação de Oliveira (2004); o estudo de caso será aplicado com base no pensamento sistêmico e conhecimento científico, que exige demonstrações e consiste na análise metódica, relacionando a uniformidade de causa e efeito de forma sistêmica; por meio

de pesquisa bibliográfica na qual foram selecionados livros, normas, artigos científicos e trabalhos acadêmicos.

A metodologia supracitada será aplicada nas seguintes etapas:

- Leitura de fundamentação teórica sobre o tema;
- Elaboração das possibilidades de comparação;
- Análise do dimensionamento estrutural, objeto do estudo;
- Levantamento das cargas para dimensionamento em outro sistema estrutural;
- Dimensionamento do outro sistema estrutural;
- Análise por meio de software, do dimensionamento proposto;
- Comparação dos resultados dentro das possibilidades previamente elencadas;
- Conclusão e revisão.

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Keeler e Burke (2009) defendem que a prática da compatibilização de projetos é sustentável. Projetos mal compatibilizados representam retrabalho na fase de construção, perda de tempo, matéria-prima, energia e custo extra. Por essa razão os autores, consideram necessário encarar as variáveis do projeto de maneira holística, utilizando essas variáveis como ferramentas para a solução de problemas.

Com base no exposto, Keeler e Burke (2009) reforçam a necessidade de estender o tempo de projeto durante a fase de estudos preliminares, para que se possam verificar as opções e seus impactos, e estimar as implicações de energia e custo das escolhas que estão sendo consideradas. O estabelecimento de metas de desempenho e a avaliação do projeto devem fazer parte de um processo rigoroso, tendo em vista a importância de se realizar uma modelagem das opções para a tomada de decisões de forma bem embasada.

5.2 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

O adequado lançamento estrutural define a disposição das peças estruturais conforme o projeto arquitetônico, finalidade da edificação, cargas de utilização, tamanho dos vãos a serem vencidos, disponibilidade de tecnologia, compatibilização com os demais subsistemas

construtivos e projetos, viabilidade do processo de cálculo e visa garantir a segurança, funcionalidade, durabilidade e economia (CLÍMACO, 2013; CARVALHO; PINHEIRO, 2013).

De acordo com Rebello (2007), o lançamento estrutural, também deve levar em consideração, além de criatividade, facilidades construtivas, estética e bem estar, dentre outras considerações.

Clímaco (2013) defende, também, a importância de se identificar os requisitos essenciais de projeto para uma correta execução da estrutura, de forma a atender a resistência e vida útil da edificação.

Deve-se levar em consideração, conforme defende Clímaco (2013), a disponibilidade dos materiais em função do prazo de entrega da obra, da mão-de-obra especializada em função da qualidade, da classe de agressividade ambiental em função do programa de manutenção preventiva.

Carvalho e Pinheiro (2013) ressaltam, ainda, que a concepção estrutural adequada para cada situação, apesar da evolução dos métodos e procedimentos, é da inteira responsabilidade do projetista estrutural e pode ser preponderante além da verificação do estado limite último (ELU), a verificação do estado limite de serviço (ELS), de deformação excessiva e efeitos de fissuração.

A norma ABNT NBR 6118:2014 determina, conforme item 5.2.3, que o produto final do projeto estrutural deverá conter os desenhos, especificações e critérios de projeto.

5.3 MÉTODO DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

Cada sistema estrutural necessita de um método adequado para o dimensionamento estrutural e deve ser pautado por norma. Adão e Hemerly (2010) resumem o dimensionamento ao equilíbrio ou comparação dos esforços solicitantes com os esforços resistentes.

Como os sistemas estruturais abordados neste trabalho são de concreto armado e estrutura metálica, os métodos adotados são norteados pelas normas ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 8800:2008 e denominam-se métodos dos estados-limites, que exigem que nenhum estado-limite aplicável seja excedido quando a estrutura for submetida a todas as combinações apropriadas de ações. E conforme versa a ABNT NBR 8800:2008, se um ou

mais estados-limites, para estruturas metálicas, forem excedidos, a estrutura não atende mais aos objetivos para os quais foi projetada.

A norma ABNT NBR 6118:2014 considera a capacidade resistente de segurança à ruptura, o desempenho em serviço que garante a estrutura de concreto armado em condições plenas durante a vida útil e a durabilidade que respalda a estrutura perante as condições ambientais previstas e definidas em projeto, como requisitos de qualidade da estrutura. Esta norma defende, ainda, que a solução estrutural adotada em projeto deva atender aos requisitos de qualidade supracitados.

5.4 DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES E SOLICITAÇÕES

Conforme Porto e Fernandes (2015), para a realização da análise estrutural, deve-se considerar as ações nas estruturas que possam condicionar a segurança da estrutura, classificadas de acordo com a ABNT NBR 8681:2004, assim como as cargas acidentais classificadas de acordo com a ABNT NBR 6120:1980.

Os estados limites a serem considerados para o dimensionamento de uma estrutura, conforme ABNT NBR 8681:2004, dependem, integralmente, dos tipos de materiais de construção empregados e devem ser especificados pelas normas que os referenciam.

Usualmente, de acordo com exigência da ABNT NBR 8681:2004, assim como normas vinculadas a ela, são considerados os estados limites últimos como a perda de equilíbrio, global ou parcial, considerando-se a estrutura como monolítica; ruptura ou deformação plástica excessiva dos materiais; transformação da estrutura em sistema hipostático, total ou parcial; instabilidade por deformação e dinâmica. Assim como os estados limites de serviço como danos ligeiros ou localizados, que comprometem o aspecto estético da edificação ou a durabilidade estrutural; deformações excessivas que afetem a utilização normal da construção ou o aspecto estético e vibração excessiva ou desconfortável.

A ABNT NBR 8681:2004, recomenda que para a determinação dos valores de cálculo das ações, é necessária a realização de combinações das ações, elencadas em permanentes (peso próprio atuante, protensão, recalques de apoio e retração dos materiais), variáveis (vento, variação de temperatura, chuva, etc.) e excepcionais (explosão, choque de veículos, incêndios, enchentes, sismos, etc.).

5.5 DURABILIDADE, DESEMPENHO E VIDA ÚTIL

De acordo com a ABNT NBR 15575:2013, desempenho é o comportamento de um produto durante o seu uso, assim como os requisitos de desempenho são as condições qualitativas que devem ser cumpridas, tendo por critérios um conjunto de especificações e procedimentos visando cumprir com as exigências das normas técnicas vigentes; durabilidade é a capacidade de um produto conservar, ao longo do tempo, desempenho compatível com a utilização prevista, sob condições de instalação, operação e manutenção especificadas pelo projetista; vida útil é o período de tempo em que o produto pode ser utilizado satisfatoriamente nas condições de higiene, segurança e saúde, com base no conhecimento disponível e estimativas tecnicamente fundamentadas, sobre os agentes agressivos, diferentes processos degenerativos e características constitutivas dos materiais utilizados, devendo ser atendidos os requisitos de uso e manutenção preventiva que deve ser orientada por estratégia que facilite procedimentos de inspeção para futuras intervenções e com base em um manual de utilização, inspeção e manutenção conforme indicado pela ABNT NBR 5674:2012, prescritos pelo projetista e pelo construtor, assim como de execução de reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

5.6 MANUTENÇÃO E SEGURANÇA

De acordo com a ABNT NBR 5674:2012, a manutenção deve seguir um programa de manutenção com o intuito de preservar as características originais da edificação, além de prevenir a perda de desempenho decorrente da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes. O programa de manutenção deve ter por base o manual de manutenção recomendado pela ABNT NBR 14037:2014.

A ABNT NBR 15575:2013, preconiza que, para a segurança da utilização da edificação durante a vida útil, os elementos e componentes que a constituem devem ser seguros aos usuários, sem apresentar rupturas, instabilizações, tombamentos ou quedas, que coloquem em risco a integridade física dos ocupantes ou de transeuntes nas imediações do imóvel; sem apresentar partes expostas cortantes ou perfurantes; e sem apresentar deformações e defeitos acima dos limites especificados em norma, devendo ser respeitados os cuidados de uso e realizadas as manutenções preventivas e corretivas necessárias.

5.7 SISTEMA CONSTRUTIVO: ESTRUTURA METÁLICA

O ferro-carbono, principal composição do aço, segundo Bellei (2010), é um material composto que consiste de aproximadamente 98% de ferro, com pequeno percentual de carbono (elemento que exerce maior influência nas propriedades do aço), além de silício, enxofre, fósforo, manganês, entre outros.

Analizando as principais propriedades do aço, conforme citado por Bauer (2013), como alta resistência à tração que varia conforme o tratamento e a composição; resistência à compressão da mesma ordem que a da resistência à tração, mas apresenta alta dutibilidade, contraindicando peças esbeltas para resistir a esse esforço; alta resistência ao desgaste, que varia conforme o tratamento e a composição; alta resistência ao impacto (flexão dinâmica) que varia conforme o tratamento e a composição; baixa resistência a corrosão, sendo os principais agentes corrosivos naturais o gás sulfídrico, a água, os cloretos e nitratos; alta resistência mecânica (fadiga), sempre que o aço for sujeito à esforços dinâmicos como vibrações, percebe-se que é um material altamente recomendável para compor sistemas estruturais.

Os aços com fins estruturais ABNT, são normatizados através das NBR 6648, 6649, 6650:2014, NBR 7007, 15980:2011, NBR 5920, 5921 e 5008:2009, dentre outras e os aços com fins estruturais ASTM (American Society for Testing and Materials), são citados na ABNT NBR 8800:2008. De acordo com Bauer (2013), os perfis estruturais são normalmente fabricados para uma resistência à tração entre 38 e 56 kg/mm², em comprimentos-padrão de 6,9 a 12 m.

Para a elaboração e execução de um bom projeto em estrutura metálica é imprescindível analisar com especial atenção às ligações metálicas. De acordo com a ABNT NBR 8800:2008, as ligações metálicas são elementos de ligação, com diversas finalidades, como enrijecedores, chapas de ligação, cantoneiras e consolos, utilizados por meio de soldas, parafusos, barras redondas rosqueadas e pinos. Para este trabalho serão descritas as ligações metálicas por meio de solda e parafusos.

5.7.1 Ligações soldadas

As ligações com solda têm por finalidade unir, emendar elementos metálicos para torná-los uma estrutura de maior complexidade, e devem seguir as prescrições da ABNT NBR

8800:2008. Segundo Bellei (2010) algumas vantagens das ligações soldadas estão na economia de material e menor peso da estrutura, formação de estruturas mais rígidas, facilidade de modificações e correções nos desenhos das peças durante a montagem e menor quantidade de detalhes, por consequência, menor tempo para o detalhamento; tendo por desvantagens maior resistência a momento onde há necessidade de pouca resistência a esse esforço, redução no comprimento da peça devido à retração quando soldadas grandes extensões, grande consumo de energia elétrica, necessidade de geradores onde não existe alimentação por energia elétrica, exige maior análise de fadiga que estruturas parafusadas, pois o processo de soldagem reduz as tensões admissíveis a níveis muito baixos e maior tempo de fabricação e montagem. Conforme Bellei (2010) os processos de soldagem mais utilizados e referendados na ABNT NBR 8800:2008, são:

- Arco elétrico com eletrodo revestido (*Shielded Metal Arc Welding* - SMAW) – Também conhecido como processo manual de soldagem, que tem como característica o uso de equipamento que produz uma corrente necessária para à obtenção do arco elétrico entre o eletrodo revestido e as partes a serem fundidas.
- Arco elétrico com proteção gasosa (*Gas Metal Arc Welding* – GMAW) – Também conhecido como processo MIG, MAG, TIG com sistemas de controle do arco automaticamente através da alimentação do eletrodo de forma contínua na qual o arco elétrico é protegido por uma atmosfera gasosa.
- Arco elétrico com fluxo no núcleo (*Flux Cored Arc Welding* – FCAW) – Também conhecido como processo a arco elétrico com sistemas de controle do arco automaticamente através da alimentação de um eletrodo tubular na qual o arco elétrico é protegido por um fluxo granulado interno, com ou sem proteção por atmosfera gasosa.
- Arco submerso (*Submerged Arc Welding* – SAW) – Também conhecido como processo a arco elétrico que utiliza equipamentos automáticos ou semiautomáticos que alimentam o eletrodo continuamente, tendo o arco submerso pelo fluxo.

5.7.2 Ligações parafusadas

As ligações parafusadas têm a mesma finalidade que as ligações soldadas de unir, emendar elementos metálicos para torná-los uma estrutura de maior complexidade e devem seguir as prescrições da ABNT NBR 8800:2008. Bellei (2010) cita algumas vantagens deste

tipo de ligação como a rapidez à montagem em campo, economia de energia, mão de obra reduzida e menos especializada e maior resistência à fadiga; tendo por desvantagens a necessidade de verificação de áreas líquidas e esmagamento das peças, necessidade de previsão antecipada do quantitativo de parafusos e necessidade de pré-montagem em fábrica para gabarito dos furos. Segundo Bellei (2010) os principais tipos de parafusos empregados nas ligações são:

- Parafusos torneados – Empregados onde há necessidade de maior precisão no ajuste, com uma diferença inferior a 0,4 mm entre o parafuso e o furo.
- Parafusos comuns ASTM A307 – Empregados em estruturas leves, membros secundários, plataformas, passadiços, terças, vigas de tapamento, pequenas treliças, provisoriamente antes da execução de ligação soldada ou pré-montagem, dentre outras que apresentem cargas pequenas e estáticas, por apresentarem baixa resistência.
- Parafusos de alta resistência ASTM A325 e A490 – Empregados quando há necessidade de resistir a grandes solicitações de tração e cisalhamento, como nas estruturas pesadas, membros principais e cargas dinâmicas, como nas ligações de vigas com pilares, contraventamentos de estruturas com mais de 40 m de altura, ligações de peças sujeitas a ações de impactos ou tensões reversas, quando e onde especificado em projeto estrutural.

5.8 SISTEMA CONSTRUTIVO: ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Basicamente, conforme Bauer (2013), o concreto armado é composto por concreto simples, confeccionado com aglomerante (cimento e cal), agregados graúdos (brita), agregados miúdos (areia), aditivos e água, combinado com armadura de aço. A dosagem do concreto simples deve ser realizada com base nas recomendações das ABNT NBR 12655:2015 e ABNT NBR 8953:2015 e a armadura de aço para compor o concreto armado, segue recomendações da ABNT NBR 7480:2008.

Se a estrutura metálica exige especial atenção para as ligações, a estrutura de concreto armado exige igual atenção para a sua cura. De acordo com Bauer (2013), denomina-se cura do concreto os procedimentos para evitar a evaporação da água que deverá reagir com o cimento para que este atinja a resistência de projeto. Segundo o autor, o período mínimo de cura deve ser de 7 (sete) dias contados a partir do lançamento e quanto maior o período de

cura, maior a resistência mecânica à ruptura e ao desgaste, menor a retração e fissuração, assim como melhor a impermeabilização e consequente resistência ao ataque de agentes agressivos.

5.9 ÉTICA E SUSTENTABILIDADE

Considerando como ética um conjunto de regras, princípios ou maneiras de pensar que servem como orientação ou norma de conduta e deixando de lado os preciosismos relativos aos demais significados, os conceitos mais elevados e nobres a respeito da sustentabilidade já serviriam como base ética e, iria além, considerando a sustentabilidade uma necessidade. Um dos documentos mais bem produzidos, que envolve diversas nações é “Carta da Terra”, que certamente sustentaria todos os pilares necessários para a sustentabilidade e deveria ser leitura obrigatória para todos que almejam atingir a sustentabilidade, demonstra que apenas observamos o assunto, admiramos os conceitos e quase nada fazemos de efetivo para que essa “necessidade” se torne realidade.

Nalini (2010) defende a ética ambiental e retoma a questão da ausência de planejamento nas cidades brasileiras. De acordo com o autor (citando apenas algumas dentre as várias informações pertinentes ao meio ambiente e a sustentabilidade) o amianto continua sendo comercializado no Brasil; a maioria dos reservatórios de água do país, assim como, corpos hídricos que cruzam as cidades são utilizados como depósitos de lixo e esgoto; dois terços das cidades brasileiras operam no limite da capacidade de fornecimento de água; grande parte das cidades brasileiras ainda possui lixões, sendo alguns clandestinos; 35% dos resíduos sólidos urbanos (RSU), nos locais em que existe coleta seletiva, não são aproveitados e de acordo com o site Agência Senado, apenas 3% dos RSU são reciclados no país; a intervenção humana produz 12 hectares de áreas desertificadas no planeta a cada minuto; a construção civil é responsável por 40% do impacto sobre o meio ambiente.

5.10 CICLO DE VIDA

Conforme Keeler e Burke (2009) ciclo de vida é o conjunto de todas as etapas necessárias para que um produto cumpra sua função na cadeia de produtividade e a avaliação do ciclo de vida *Life Cycle Assessment* (LCA) consiste em uma forma holística de avaliação do impacto ambiental de um material, edificação, sistema ou instalação ao longo do seu ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até o descarte, reciclagem ou desmontagem e

reuso, passando pelas etapas de manufatura, empacotamento, transporte, operação, limpeza, conserto e manutenção.

Santos *et al.* (2011), levantam questões pertinentes sobre o ciclo de vida dos materiais, como a otimização dos recursos por meio da minimização de desperdícios e perdas durante o processo de produção, assim como diminuição da produção de rejeitos a um mínimo reciclável, reincorporando esse rejeito à cadeia produtiva, prolongando o ciclo de vida. A reincorporação de rejeitos, gerando novos produtos, tem impacto ambiental positivo, pois resolve os problemas de descarte em aterro sanitário, lixão ou clandestinamente em local inadequado.

5.11 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Como todos sabem ou deveriam saber e de acordo com Keeler e Burke (2009) o lixo ou os resíduos tem impactos significativos no meio ambiente e a geração e descarte destes materiais afetam diretamente os recursos naturais. Gerir os resíduos da construção civil (RCC) requer a mesma eficácia que gerir recursos produtivos. Os autores ressaltam que a transmigração química ocasionada pelos RCC produzidos pelo ser humano ultrapassa as fronteiras geográficas definidas pelo mesmo, pois as substâncias voláteis e que se degradam são acumuladas e transportadas pelo ar, solo, água, animais, insetos e o próprio ser humano, lembrando ainda, que a contaminação percorre, desta forma, a cadeia alimentar e retorna ao corpo humano (fonte geradora). Sendo assim, a geração e o descarte de RCC podem ser fatores contribuintes para a crise das mudanças climáticas, além da degradação ambiental e esgotamento de recursos naturais.

Souza (2005) reitera que além da expressividade do consumo de materiais, a construção é tida, também, como uma grande geradora de resíduos. O autor considera que toda a discussão sobre desenvolvimento sustentável e desperdício de materiais põe em foco a construção civil, destacando a importância do setor quanto à necessidade de buscar, constantemente, o aumento da eficiência. Por essa razão, as normas, de um modo geral, costumam prescrever os limites máximos e mínimos que assegurem qualidade e desempenho aos produtos gerados, considerando como perda toda a quantidade de material consumida além da quantidade teoricamente necessária, indicada em projeto, memoriais e prescrições. Com base no exposto, a redução das perdas de materiais é extremamente desejável, tanto do

ponto de vista da busca da sustentabilidade da construção civil quanto da competitividade do setor e tem relação direta com a produtividade.

De acordo com Souza (2005) produtividade na construção seria a eficiência em transformar uma certa quantidade de esforço em resultados e menores quantidades de material por unidade de produto gerado no serviço. Desta forma, o autor defende que embora o projeto, as especificações e uma programação adequados sejam imprescindíveis para consecução de eficiência no uso dos materiais, o controle reveste-se de suma importância para a redução de consumos desnecessários de materiais na construção civil e consequente redução na geração de RCC.

Keeler e Burke (2009) propõe uma mudança sobre a visão que possuímos dos RCC, deixando de encarar como rejeito e passando a encarar como recurso, na medida em que esses materiais podem ser coletados, recuperados, reutilizados e reciclados. Os autores relatam que recomendações para a gestão de RCC foram estabelecidas na Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento.

Conforme Keeler e Burke (2009) a indústria da construção civil tem desenvolvido, ou pelo menos, deveria desenvolver melhores práticas para lidar com os resíduos de construção e demolição, incluindo técnicas de separação *in loco*, entrega de materiais com pouca embalagem e armazenagem, escolha de transportadoras e serviços que encaminham os resíduos para centros de triagem ou de separação automatizada. Os autores lembram ainda que antes de tudo devemos prevenir a geração de resíduos, para aí, na sequência, encontrar maneiras eficientes para lidar com os resíduos que já foram gerados. Em outras palavras, o redirecionamento do “lixo” para reciclagem e reuso faz bem para a economia e por consequência para o meio ambiente.

5.12 LOGÍSTICA E INFRAESTRUTURA

Segundo Dias (2012) a logística planeja, executa, coordena e controla a movimentação e o armazenamento eficiente e econômico de matérias-primas, materiais semiacabados e produtos acabados, desde sua origem até o local de consumo, com o propósito de atender às exigências do cliente final.

De acordo com Vieira (2006), a logística é uma metodologia ou processo administrativo que se baseia fundamentalmente na conscientização para o emprego de conceitos, métodos, técnicas e procedimentos, assim como na utilização da tecnologia de informação, de forma a

encaminhar a maximização do nível de serviço e da produtividade numa cadeia de suprimentos. Segue-se que a administração, através do conceito logístico, significa o tratamento integrado dado às diversas atividades que se concatenam e constituem uma cadeia de suprimentos.

Ainda de acordo com Vieira (2006) os conceitos de processo logístico e tecnologia logística tornaram-se amplamente aceitos, reconhecendo-se a necessidade de projetar, administrar e controlar de uma forma sistêmica, tendo a visão do processo como um todo. Com base no exposto, dado à característica integradora da logística, o autor retrata que essa inerência da logística relacionada com a integração encaminha a uma probabilidade de redução de custo através de um tratamento logístico que faça valer sua característica sistêmica, efetuando-se a otimização do sistema como um todo por meio do princípio das compensações, admitindo-se as perdas em alguma parte do sistema para que se possa ganhar no todo, ao menor custo logístico possível.

De acordo com Vieira (2006) o canteiro de obras na construção civil se aproxima cada vez mais à forma operacional de uma indústria de produção seriada, em função da crescente padronização, componentes pré-fabricados, nível de controle e organização do canteiro, evolução das técnicas construtivas, aplicação de modelos logísticos que facilitam a movimentação e a armazenagem de materiais e componentes com o uso de equipamentos compatíveis assim como os diversos veículos empregados.

Conforme menciona Vieira (2006) a introdução de novos conceitos, aprimoramento das técnicas, procedimentos, métodos e processos, induzem a mudanças na estratégia do setor construtivo estimulando o pensamento sistêmico e uma visão holística, mais compatível com as características e exigências do mercado consumidor, assim como dos aspectos ambiental e competitivo. Ainda de acordo com o autor, a complexidade dos sistemas produtivos na construção civil que apresentam uma grande variabilidade dos processos de produção, sem um padrão contínuo de procedimentos, torna o planejamento estratégico obrigatório, visando a anular os problemas crônicos relacionados à falta de eficiência, produtividade e ao grande volume de entulhos produzidos por perdas e desperdícios no desenvolvimento dos processos. Para isso o autor sugere o desenvolvimento da estratégia do processo logístico na construção; implementação de tecnologias de informação; sistemas de parcerias com fornecedores; processo de industrialização da construção; incorporação de técnicas construtivas; processo de terceirização de serviços e melhor organização dos canteiros de obras.

Vieira (2006) ressalta a importância da reestruturação produtiva para minimizar desperdícios e ineficiências, ligada à utilização de novos componentes e novas técnicas construtivas e de gestão da produção, encaminhando ao processo de industrialização, impulsionada pela carência de espaços para montagem de canteiros de obras; urgência na entrega do produto e necessidade de redução de custos. Em outras palavras, sistemas construtivos industrializados tornam a obra mais eficaz e rápida, e de qualquer forma, projetos de canteiro bem planejados e com uma logística bem desenvolvida proporcionam importantes melhorias no processo produtivo.

De acordo com Vieira (2006) a determinação dos tipos de transportes e equipamentos é balizada pela logística. As formas de transportar os materiais no canteiro de obras, assim como a análise da viabilidade e necessidade dos equipamentos que auxiliam o transporte são de fundamental importância para a eficácia da produção. Ainda de acordo com o autor, o uso de qualquer tecnologia em transportes e equipamentos fica vinculado à disponibilidade ou existência, levando em consideração que algumas regiões do país não possuem determinados equipamentos e máquinas. O autor relaciona alguns dos elementos do canteiro correspondentes à produção ligados à movimentação de materiais, mais usuais, como o transporte horizontal flexível realizado por meio de carrinho, jérica, porta-paleta, *dumper*, *bob-cat*, empilhadeira, dentre outros; e o transporte vertical pouco flexível realizado por meio de sarilho, talha, guincho de coluna, elevador de obras, guias com torre fixa, torre móvel sobre trilhos, torre giratória, torre ascensional, guindastes sobre rodas ou esteiras; bombas de argamassa e de concreto, dentre outros.

De acordo com Vieira (2006), a TI auxilia desde a concepção na fase de projeto até a logística na fase de execução, e envolvem computadores, softwares, telecomunicações, ferramentas de acesso e recursos de informações multimídia. Ainda de acordo com o autor, a TI é indispensável no planejamento estratégico de uma construção e objetiva melhorar a colaboração, coordenação e o gerenciamento de informações entre os membros envolvidos em um empreendimento. O autor defende a TI como importante instrumento para apoiar a tomada de decisão, considerando que atualmente existe uma constelação de software com as mais diversas funções como desenho, orçamento, cronograma, dentre outras, assim como internet, celular, drone, rádio transmissor, dentre outros meios de transmissão eficiente de informação, oferecendo flexibilidade, confiabilidade, velocidade e maior exatidão no tratamento e na difusão de dados.

5.13 ORÇAMENTO

De acordo com Badra (2012) para traduzir as medidas efetuadas nos projetos é feito o levantamento quantitativo dos materiais. Quanto maior o nível de detalhamento dos projetos, melhor e mais preciso é o levantamento quantitativo e por consequência o orçamento. Ainda de acordo com o autor, a experiência, além do conhecimento técnico, servem como lastro para a realização de um bom orçamento.

Segundo Oliveira (2015), o orçamento pode ser definido como a determinação dos gastos, demonstrados em termos quantitativos, necessários para a realização de uma edificação, de acordo com um plano de execução previamente estabelecido, tendo por objetivos definir o custo de execução de cada atividade ou serviço, constituir-se em documento contratual e servir de referência na análise dos rendimentos obtidos.

Conforme orientação de Oliveira (2015), o orçamento de um projeto baseia-se na previsão da ocorrência de atividades futuras logicamente encadeadas e que consomem recursos, acarretam custos (valor suficiente para cobrir as despesas na execução de um determinado projeto, expresso em unidade monetária) e ocorrências monetárias ao longo do prazo de execução do projeto.

Badra (2012) recomenda relacionar em forma de tabela os projetos e os memoriais descritivos que servirão de identificadores de qualidade a serem quantificados. O autor recomenda acrescentar na tabela os memoriais e projetos do canteiro de obras e sua manutenção, assim como os memoriais dos serviços e materiais para limpeza e entrega da obra, memoriais para separação, remoção e destinação dos entulhos e resíduos da obra, no orçamento.

Desta forma, de acordo com o exposto, um bom orçamento baliza a viabilidade de uma obra e a sua consequente execução.

6 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado com base no projeto estrutural e arquitetônico, sem acesso aos memoriais descritivos e de cálculo e sem o As Built, documentação necessária para entrega da obra, referenciada na ABNT NBR 14645:2005, parte 3 que trata da locação topográfica e controle dimensional da obra e informa os procedimentos. Neste estudo de caso foi realizada uma revisão cuidadosa das plantas, levantamento das dimensões e cargas das

peças estruturais por meio da elaboração do desenho tridimensional do projeto estrutural para melhor compreensão do objeto de estudo de caso e com isso foram revisadas normas orientativas sobre projetos, incluindo a ABNT NBR 9050:2015, ABNT NBR 15575:2013, ABNT NBR 8800:2008, ABNT NBR 13532:95, além das outras normas aqui elencadas.

6.1 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

O prédio comercial de propriedade da Via Varejo – Casas Bahia, objeto do estudo, possui área aproximada total construída de 1511,14 m², composto por um pavimento de 1177,74 m², mais um mezanino de 333,40 m², considerando o aproveitamento de parte da estrutura pré-existente, conforme imagem 1 e anexos.

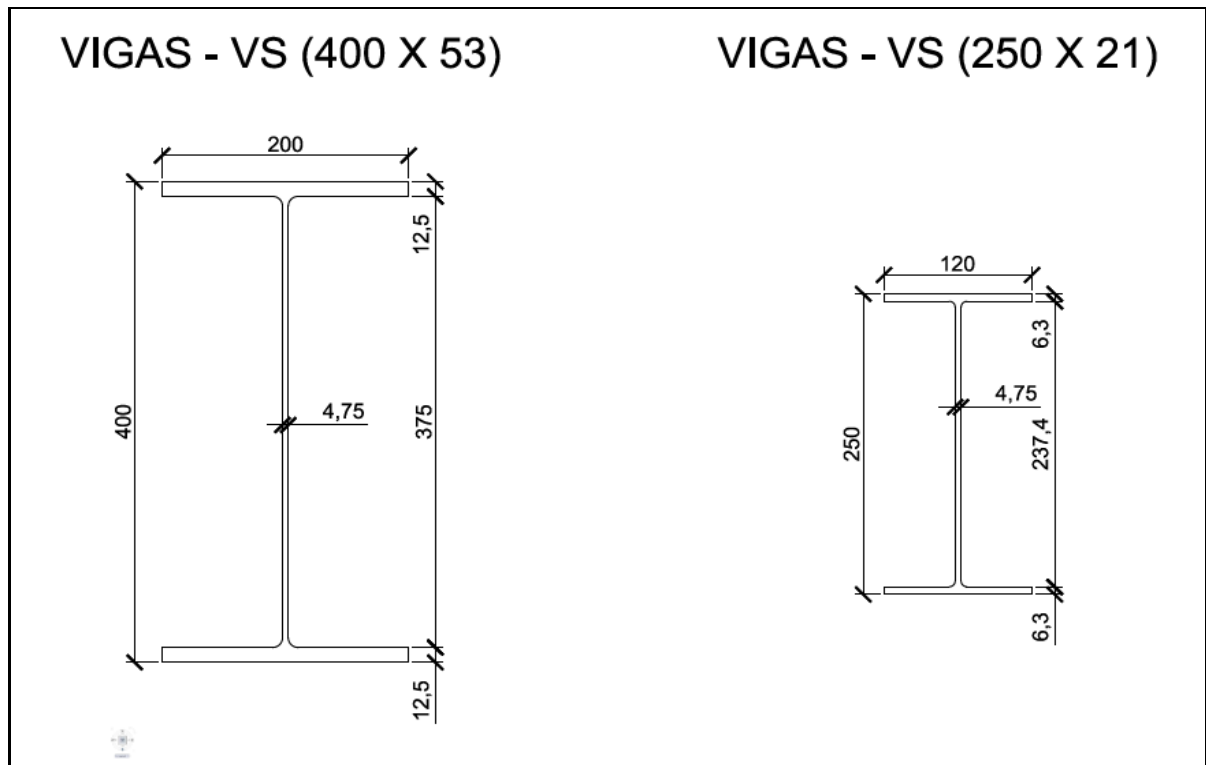
O sistema estrutural, projetado pelo Eng^o. Civil Jocinez Nogueira Lima, é constituído por vigas e pilares nos perfis soldados de aço USI SAC 300, de acordo com as imagens 2 e 3, e as lajes steel deck, compostas por fôrmas permanentes de aço galvanizado, perfiladas e formadas a frio. Nesse sistema, o aço trabalha como fôrma para concreto durante a concretagem e como armadura positiva para as cargas de serviço, assim como as telas eletrosoldadas, que atuam como armadura negativa e ajudam a prevenir trincas superficiais na laje. A aderência do concreto ao aço ocorre por meio de conformações de relevos e ranhuras na chapa metálica que servem de superfície de ancoragem, conforme imagem detalhada 4. A cobertura apresenta um total de 10 treliças e 4 tesouras simples, conforme imagem 5, 6, 7 e 8, que servem de apoio para as terças onde estão fixadas as telhas galvanizadas do mezanino e as telhas trapezoidais sanduiche do primeiro pavimento.

Imagem 1 – Estrutura pré-existente



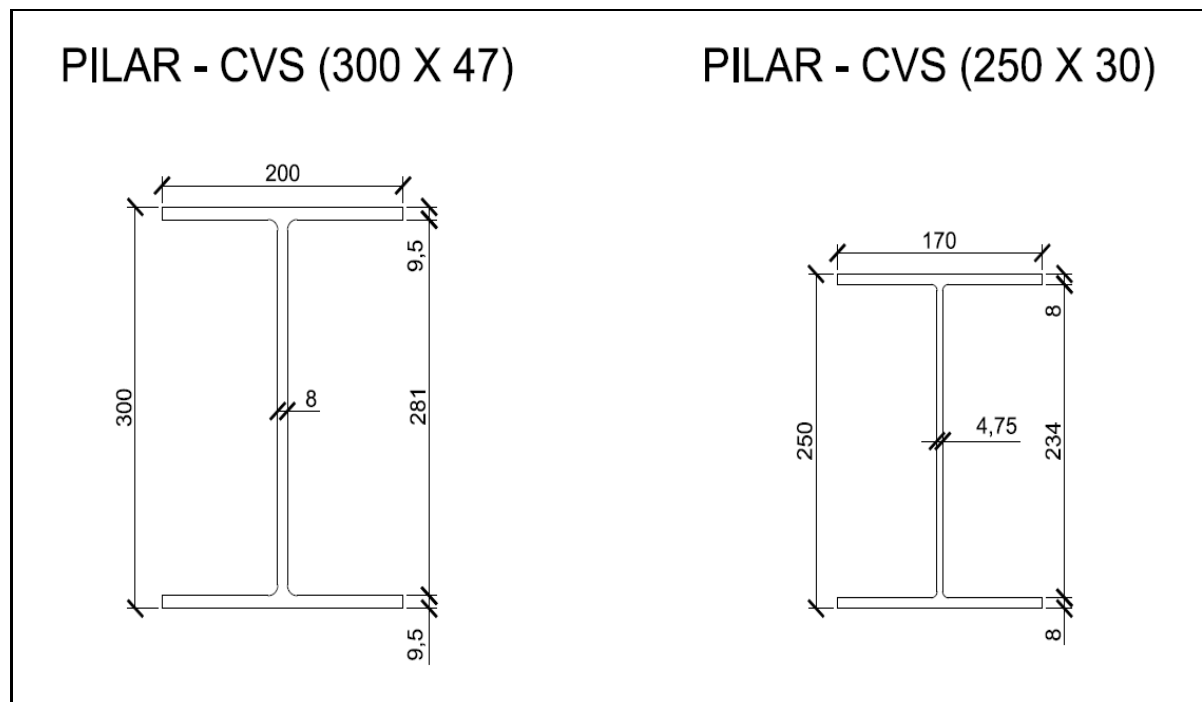
Fonte: Eng^o. Jocinez Nogueira Lima

Imagem 2 – Perfil VS das vigas



Fonte: Anexo B

Imagem 3 – Perfil CVS dos pilares



Fonte: Anexo B

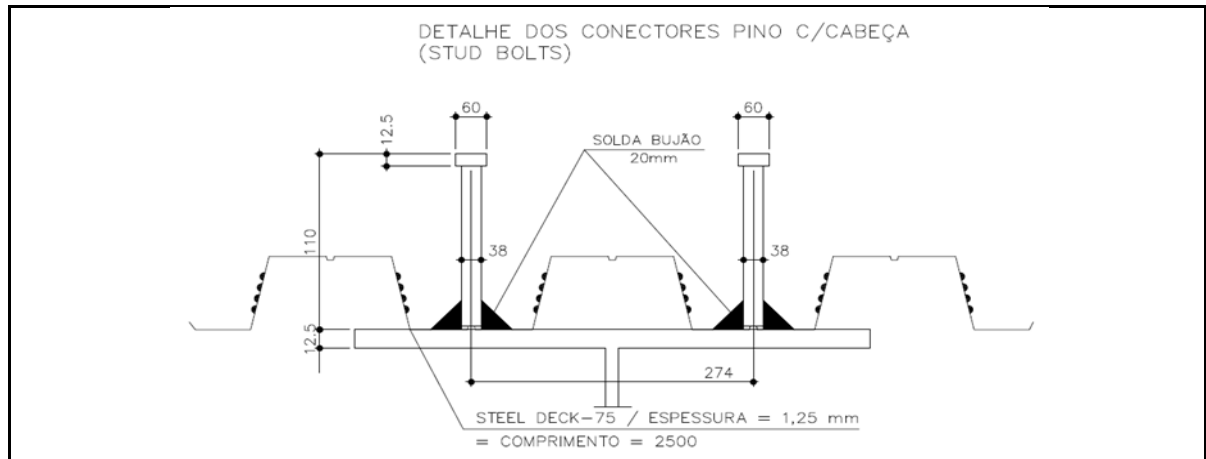
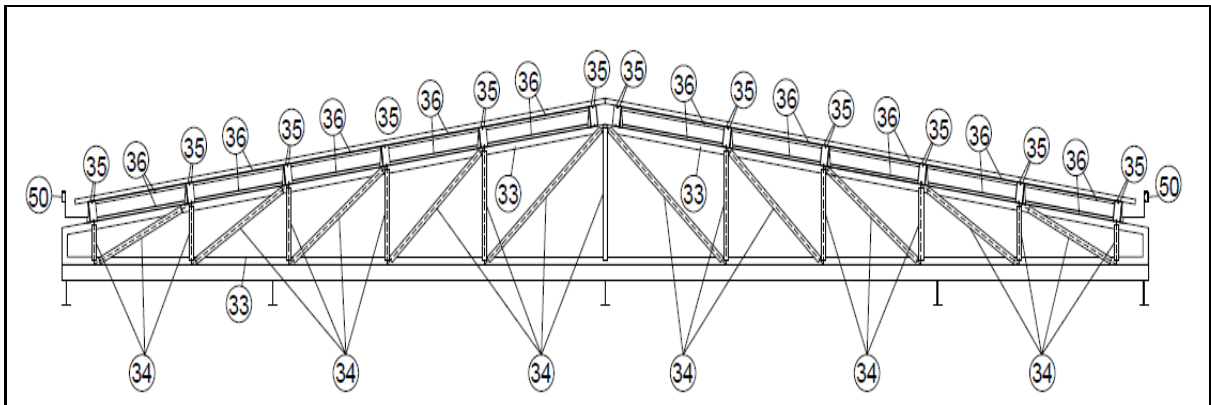
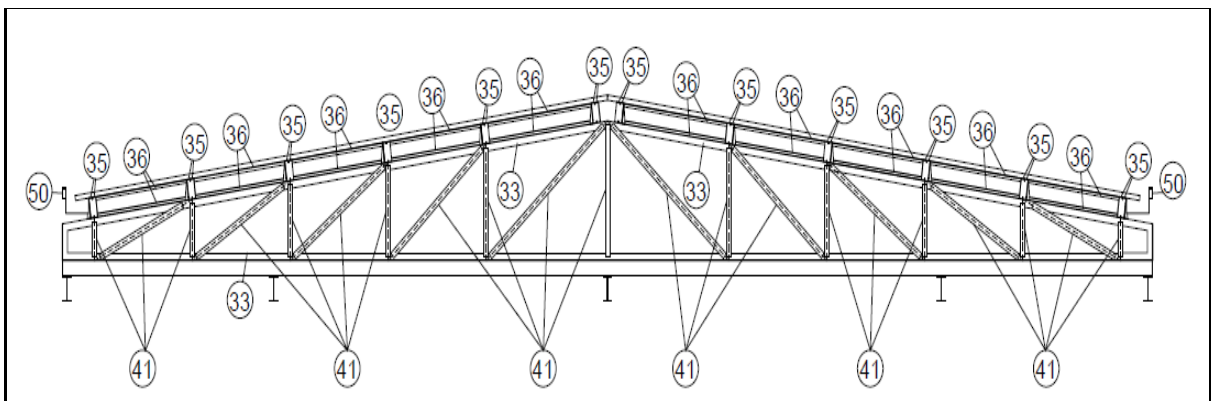
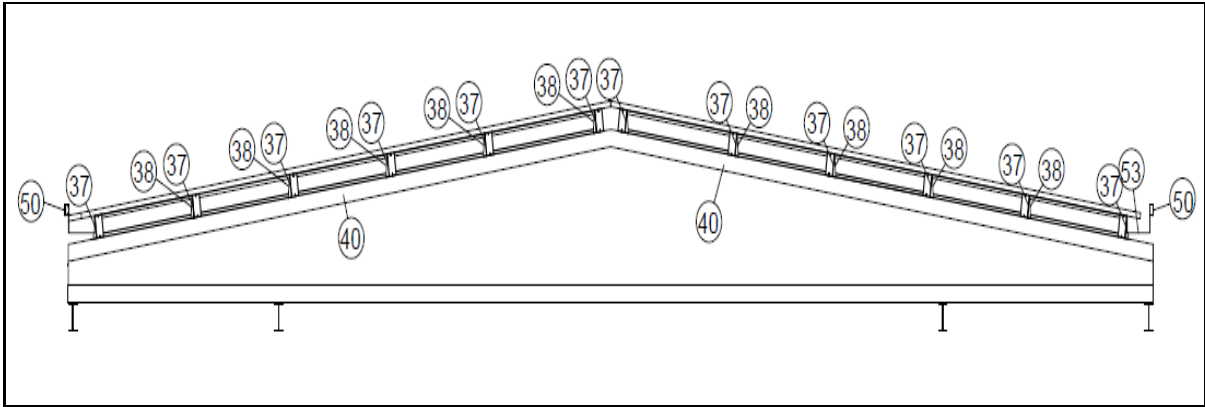









Imagem 4 – Detalhe das conexões e da laje steel deck**Fonte: Anexo B****Imagem 5 – Detalhe das treliças (TS1)****Fonte: Anexo D****Imagem 6 – Detalhe das treliças (TS2)****Fonte: Anexo D**

Imagem 7 – Detalhe das tesouras (BR1)



Fonte: Anexo D

Imagem 8 –Legenda – Tesouras TS1, TS2 e BR1

33	Banzos perfil Ue 150 X 60 X 20 # 2,25 seção tipo caixa	
34	Diagonais e montantes perfil U simples 127 X 50 # 2,25	
35	Terças perfil Ue 200 X 50 X 17 # 2,00 seção tipo caixa	
36	Travamentos de terças duplo perfil L 38 X 38 # 3,00	
37	Suportes de terças perfil L 60 X 125 X 120 # 3,00	
38	Enrijecedores de suportes de terças 55 X 120 # 3,00	
40	Banzos sobre laje perfil Ue 150 X 50 X 17 # 2,25	
41	Diagonais e montantes perfil U simples 93 X 50 # 2,25	
50	Suportes de calhas na parede perfil Ue 100 X 50 X 17 # 2,25	

Fonte: Anexo D

6.2 ANÁLISE ESTRUTURAL

6.2.1 Ações consideradas

Foram consideradas as ações do peso próprio ou carga permanente, a sobrecarga ou carga accidental e as ações do vento, medidas em kN, kN/m e kN/m².

6.2.2 Cargas permanentes (g)

6.2.2.1 *Peso próprio da estrutura metálica*

A estrutura metálica, composta por lajes técnica e de piso, pilares e vigas, possui um peso total de 1379,06 KN, conforme levantamento demonstrado nas tabelas do apêndice C.

6.2.3 Cargas acidentais (q)

De acordo com a ABNT NBR 6120: 2000, para o caso em estudo a carga acidental referente ao uso e ocupação é de 4 KN/m², para os pilares, vigas e laje do piso do mezanino, assim como 5 KN/m², para a laje técnica.

6.2.4 Cargas devidas ao vento

Com base na ABNT NR 6123:2013, a velocidade característica do vento V_k em m/s deve ser obtida de acordo com a fórmula:

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$$

Sendo V_0 a velocidade constante no mapa das isopletas de acordo com a região e S_1 , S_2 e S_3 são fatores obtidos através da referida norma.

A pressão dinâmica em N/m² é determinada de acordo com a V_k e obtida através da seguinte fórmula:

$$q = 0,613 V_k^2$$

Uma componente qualquer da força global é obtida através da fórmula:

$$F = C_f q A$$

Sendo C_f o coeficiente de força, A a área de referência e q a pressão dinâmica.

Com base no exposto, V_0 no mapa das isopletas é de aproximadamente 30 m/s, S_1 vale 1 por ser considerado um terreno fracamente acidentado, S_2 vale 0,80 por ser região urbana densamente construída, o prédio possuir uma das dimensões superior a 50 m e altura inferior a 10 m e S_3 vale 1 por ser considerada uma edificação para comércio com alto fator de ocupação. Desta forma o V_k e q serão:

$$V_k = 30 \text{ m/s} \times 1 \times 0,80 \times 1 = 24 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \times 24 \text{ m/s}^2 = 353,10 \text{ N/m}^2 = 0,3531 \text{ KN/m}^2$$

Forças exercidas pelo vento nas paredes (faces expostas do prédio que está confinado entre dois prédios), conforme imagem 10, seguindo orientação da ABNT NBR 6123:2013:

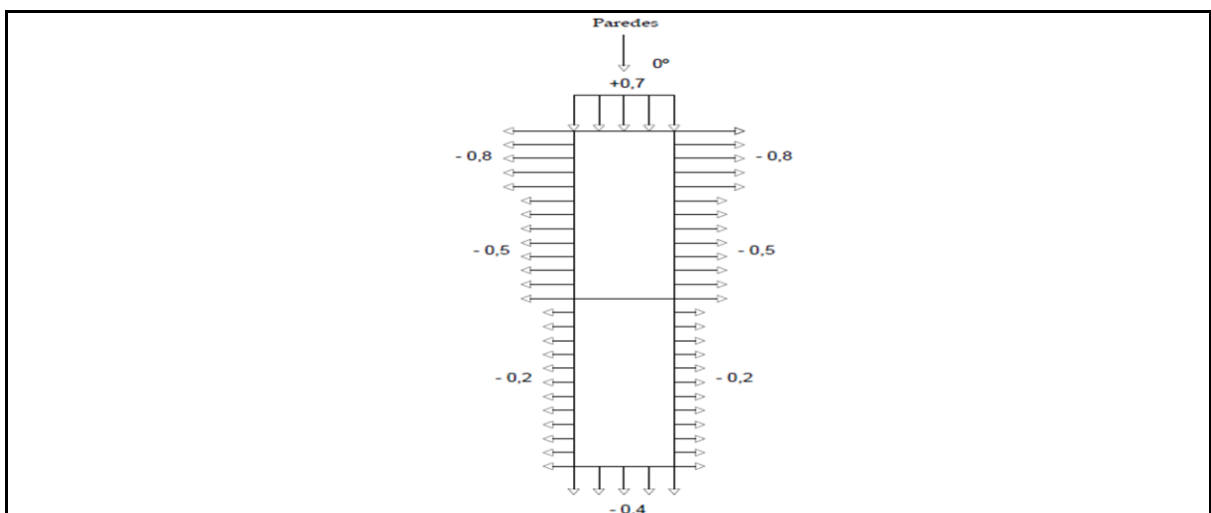
$$F_{\text{barlavento}} = 0,7 \times 0,3531 \text{ K/m}^2 \times 139,45 \text{ m}^2 = 34,47 \text{ KN}$$

$$F_{\text{sotavento}} = -0,4 \times 0,3531 \text{ K/m}^2 \times 139,45 \text{ m}^2 = -19,70 \text{ KN}$$

Força de sucção exercida pelo vento na cobertura (pior condição), conforme imagem 11, seguindo orientação da ABNT NBR 6123:2013:

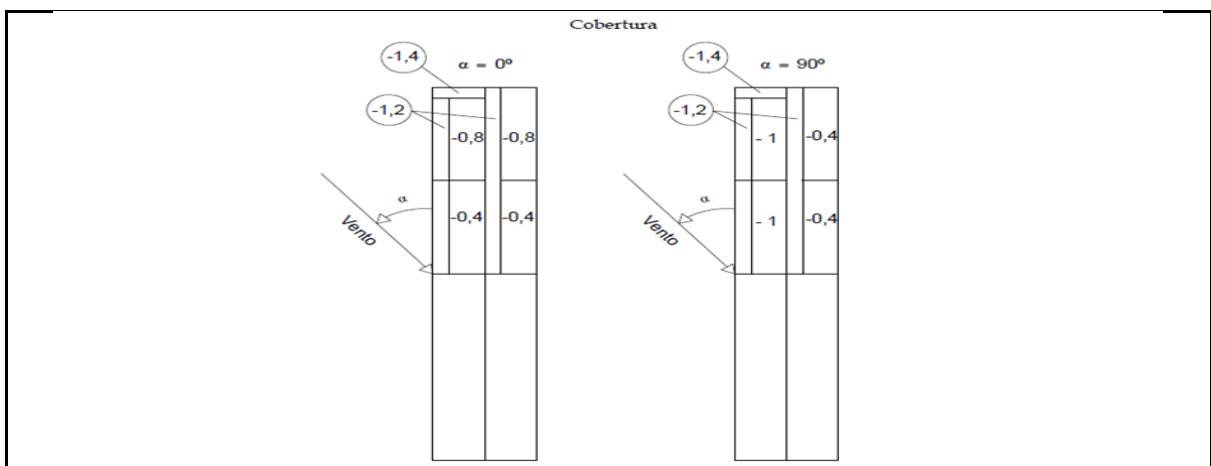
$$F = -1,4 \times 0,3531 \text{ K/m}^2 \times 17,69 \text{ m}^2 = -8,75 \text{ KN}$$

Imagem 10 – Coeficientes de pressão e de forma, para paredes de planta retangular



Fonte: Autora

Imagem 11 – Coeficientes de pressão e de forma, para telhados com duas águas



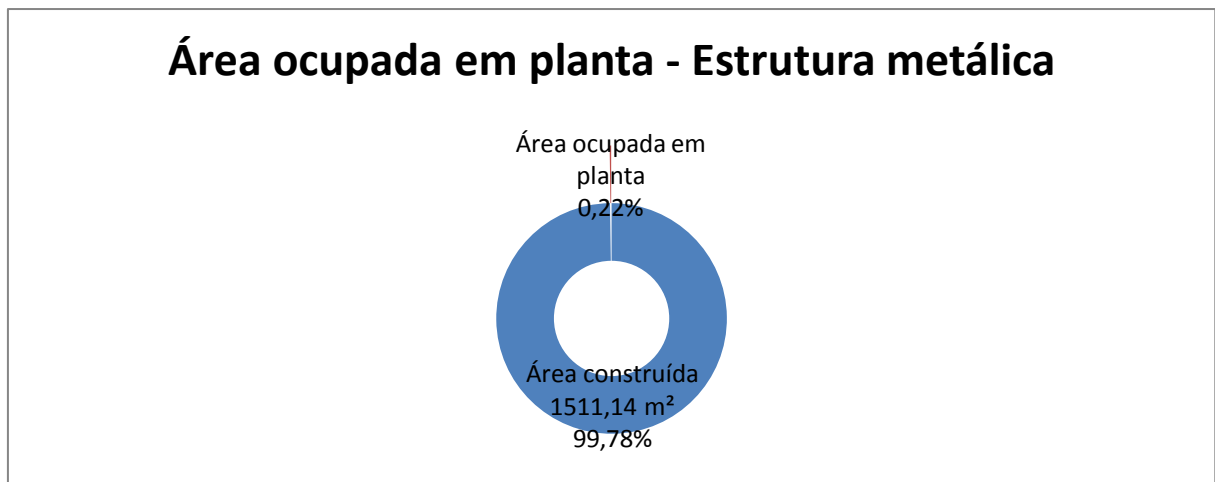
Fonte: Autora

6.2.5 Combinação das ações

As combinações das ações seguiram as recomendações da ABNT NBR 8800:2008, não fazendo parte deste estudo de caso o redimensionamento, apenas a análise comparativa conforme objetivos específicos deste trabalho.

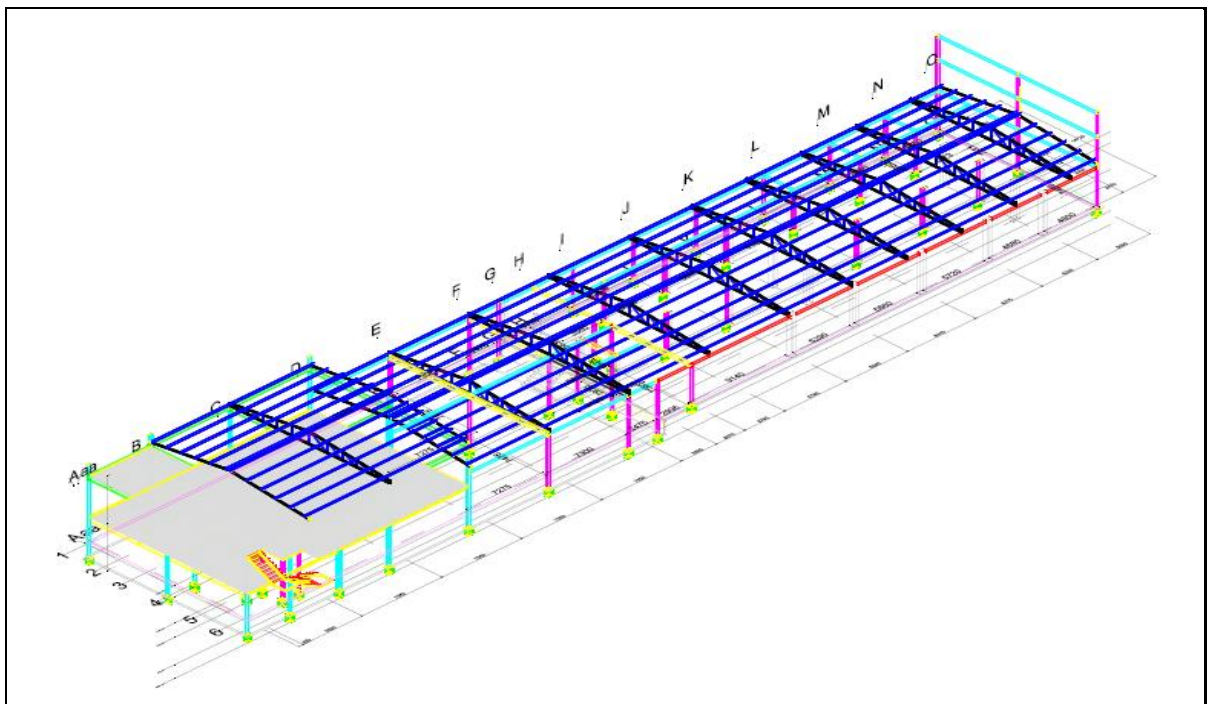
6.2.6 Áreas úteis

Gráfico 1 – Área ocupada em planta



Fonte: Autora – Apêndice C

Imagem 12 – Estrutura metálica 3D

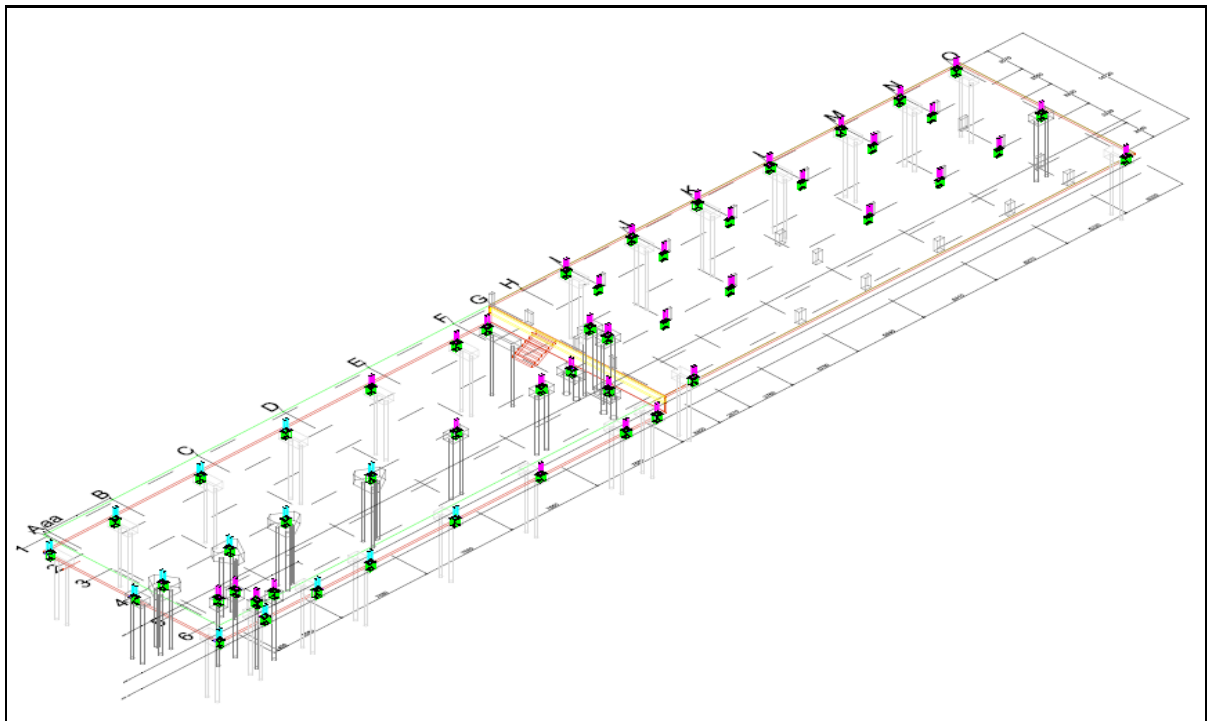


Fonte: Autora – Apêndice A

6.3 FUNDAÇÕES

Para a interpretação da capacidade de carga, o método estático utilizado foi semi-empírico, tendo por base correlações com ensaios realizados *in-situ*. As fundações foram dimensionadas conforme carregamento da estrutura metálica e os dados obtidos para as tensões admissíveis do solo tem por base o laudo de sondagem, emitido pela empresa Técnica Engenharia que executou as sondagens a Percussão do tipo SPT segundo as recomendações da ABNT NBR 6484:2001.

Imagem 13 – Fundações 3D



Fonte: Autora

6.4 LOGÍSTICA E INFRAESTRUTURA

A mão de obra necessária para montar a estrutura no período indicado foi de 10 pessoas, com auxílio de um equipamento de solda tipo MIG, além das demais estruturas do canteiro de obras, conforme recomendação da NR 18 (versão da época em que foi efetuada a construção). O material necessário para executar a estrutura metálica foi armazenado em uma única etapa no canteiro de obras e movimentado com auxílio de um guindaste simples, locado pelo período de 30 dias.

6.5 ORÇAMENTO

Tabela 15 – Orçamento para o sistema estrutural em aço

Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em aço							
Item	Descrição	Un.	Clas.	Qtd/Coef.	Preço Unit. (R\$)	Preço Total (R\$)	Consumo
1.	Estrutura metálica			1511,14			
1.1	Vigas e pilares soldados - aço USI SAC 300	kg	MAT.	26,46	7,00	279.893,35	39984,7644
1.2	Chapas de base - aço USI SAC 300	kg	MAT.	1,14	5,50	9.474,85	1722,70
1.3	Bengalas de chumbeação - aço SAE 1045 f 22mm	kg	MAT.	1,06	5,50	8.809,95	1601,81
1.4	Chapa xadrez 5mm - degraus e patamares	kg	MAT.	0,51	7,00	5.394,77	770,68
1.5	Longarinas da escada metálica - perfil U200x50 #5mm	kg	MAT.	0,37	7,00	3.913,85	559,12
1.6	Projetista	m²	M.O.	1,00	8,00	12.089,12	1511,14
1.7	Insumos (eletrodos, discos de corte e desbaste, tinta, solvente, brocas)	vb	MAT.	1,00	6,37	9.625,96	1511,14
					Total s/ Taxas(Unit.):	329.201,85	
				LS(%):126,00	Valor LS:	-	
				BDI(%):25,00	Valor BDI:	82.300,46	
					Valor Total c/ Taxas:	411.502,31	
Item	Descrição	Un.	Clas.	Qtd/Coef.	Preço Unit. (R\$)	Preço Total (R\$)	Consumo
2.	TRANSPORTE, içamento e montagem da estrutura metálica			193,60			
2.1	Montador	h	M.O.	0,70	12,50	1.694,00	135,52
2.2	Soldador	h	M.O.	0,62	12,50	1.500,40	120,032
2.3	Ajudante	h	M.O.	1,50	5,10	1.481,04	290,4
2.4	Mestre	h	M.O.	0,70	37,50	5.082,00	135,52
2.5	Aluguel de guindaste (tipo munck)	h	EQ.AL.	0,67	150,00	19.456,80	129,712
2.8	Energia elétrica	kW	MAT.	8	0,26	402,69	1548,8
2.9	Equipamentos de soldagem, corte, furação e acabamento	un	EQ.AQ.	0,75	5,38	781,18	145,2
					Total s/ Taxas(Unit.):	30.398,11	

				LS(%):126,00	Valor LS:	12.294,37	
				BDI(%):25,00	Valor BDI:	7.599,53	
					Valor Total c/ Taxas:	50.292,01	
Item	Descrição	Un.	Clas.	Qtd/Coef.	Preço Unit. (R\$)	Preço Total (R\$)	Consumo
3.	Lajes com Steel deck e tela soldada e concreto usinado fck 25 MPa			1511,14			
3.1	Ajudante de armador	h	M.O.	0,015	4,50	102,00	22,67
3.2	Armador	h	M.O.	0,015	6,28	142,35	22,67
2.2	Pedreiro	h	M.O.	0,008	6,28	75,92	12,09
2.3	Servente	h	M.O.	0,01	4,08	61,65	15,11
2.4	Mestre	h	M.O.	0,02	37,50	1.133,36	30,22
3.3	Telha Steel deck #1,25mm	kg	MAT.	5,04	4,00	30.464,58	7616,15
3.4	Tela soldada f 4,2 (10X10)	m²	MAT.	0,334	14,95	7.545,58	504,72
3.5	Concreto usinado fck 25 MPa	m³	MAT.	0,036997	246,89	13.803,04	55,91
3.6	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	kg	MAT.	0,01	12,55	189,65	15,11
					Total s/ Taxas(Unit.):	53.518,13	
				LS(%):126,00	Valor LS:	1.909,25	
				BDI(%):25,00	Valor BDI:	13.379,53	
					Valor Total c/ Taxas:	68.806,91	
TOTAL						530.601,23	

Fonte: Autora

6.6 SUSTENTABILIDADE

Levando-se em consideração que a indústria da construção é uma das maiores consumidoras de matéria prima e que a nossa geração pode e deve suprir suas necessidades sem inviabilizar as gerações futuras de suprirem as suas, do ponto de vista da sustentabilidade, é inaceitável considerar uma edificação descartável, tendo em vista a inconstância no reaproveitamento dos resíduos gerados pela retirada de serviço em função de falha, patologia, uso inadequado ou da sua vida útil de projeto relativamente curta. Nesse sentido, a ABNT NBR 15575:2013 determina para um nível mínimo de desempenho que a

vida útil de projeto para um sistema estrutural seja no mínimo de 50 anos, dependendo da eficiência e constância dos processos de manutenção, forçando-nos a inovar, rever conceitos, condutas e melhorar a qualidade do que produzimos no país, poupando recursos e protegendo o meio ambiente.

No caso em estudo, com relação ao sistema estrutural em aço com as lajes mistas em steel deck, foram gerados poucos resíduos referente ao concreto utilizado nas lajes por meio de bombeamento. Os demais resíduos gerados pela execução da alvenaria, fundações e vigas baldrame não foram considerados nesse estudo. Sendo assim, este sistema estrutural em aço, com laje mista de aço e concreto, é considerado sustentável na montagem, tendo em vista que o processo de montagem, quando bem executado, oriundo de um projeto bem elaborado, como o caso em estudo, não acarreta perdas ou desperdícios, nem do material em questão nem dos recursos hídricos como ocorre na execução de peças de concreto. No entanto, a exceção ocorre quando considerado o ciclo de vida do aço, conforme imagem 15, especialmente no caso do Brasil, em função da extração dos minérios, a exemplo da SAMARCO, com geração de barragens de rejeitos de minérios, que são, por diversos motivos, insustentáveis; da fabricação do aço e dos produtos do aço que demandam grande quantidade de energia e, além disso, embora o país seja um grande produtor de aço, essa produção não está bem distribuída no país, que possui dimensões continentais e apresenta sérios problemas de logística, conforme relatório produzido pelo Instituto Aço Brasil e como mostra a imagem 14. No caso específico em estudo, pelo fato de haver ligações soldadas que requerem uso de energia em quantidade razoável, contrapondo a ISO 50.001, norma mundial de gestão da energia criada para certificar e estimular a eficiência energética.

Com relação a durabilidade e manutenibilidade, de acordo com a ABNT NBR 8800:2008, a proteção do aço contra corrosão atmosférica visa assegurar sua durabilidade e a manutenção da sua estética durante o período de vida útil. Em prédios comerciais e de escritório, o condicionamento ambiental para o conforto humano faz com que a umidade do ar dificilmente supere 70%, tornando os efeitos de corrosão reduzidos. A norma classifica a categoria de corrosividade para a estrutura do caso em estudo como C1- muito baixa não necessitando de proteção anticorrosiva, apenas limpeza por meio de solventes e escovação após a fabricação da estrutura, porém, a estrutura recebeu, preventivamente, uma camada com duas demãos de primer (cromato de zinco) logo após o corte dos perfis e uma camada com duas demãos de acabamento em esmalte sintético antes da montagem, levando-se em conta a durabilidade, aparência, necessidade de minimizar manutenções futuras e custos relacionados

com possíveis intervenções. O projeto prevê, como recomendação da norma supracitada, a soldagem contínua das partes de acoplamento para selamento das possíveis frestas, de forma a evitar a corrosão.

A ABNT NBR 5674:2012, recomenda a manutenção, como meio de preservar ou recuperar as condições ambientais adequadas ao uso previsto para a edificação, orientada pelo projetista e de responsabilidade do proprietário. Para isso, a norma aconselha a realização prévia de inspeções e apresentação de relatórios periódicos sobre as condições da edificação, identificando e classificando os serviços de manutenção necessários. Para a eficácia da manutenção, a referida norma recomenda a realização de inspeção do sistema estrutural com periodicidade anual e a geração de documentação e registro de informações como um manual de operação, uso e manutenção das edificações, conforme recomendação da ABNT NBR 14037:1998; obtenção de cópias das plantas de todos os sistemas, assim como dos memoriais; registros de serviços de manutenção realizados; registros de reclamações e solicitações dos usuários; relatórios das inspeções; e demais documentos que se façam necessários para o adequado acompanhamento da situação da edificação. As mesmas recomendações de manutenção para a estrutura metálica se aplicam para todos os sistemas estruturais e seguem as recomendações da ABNT NBR 5674:2012.

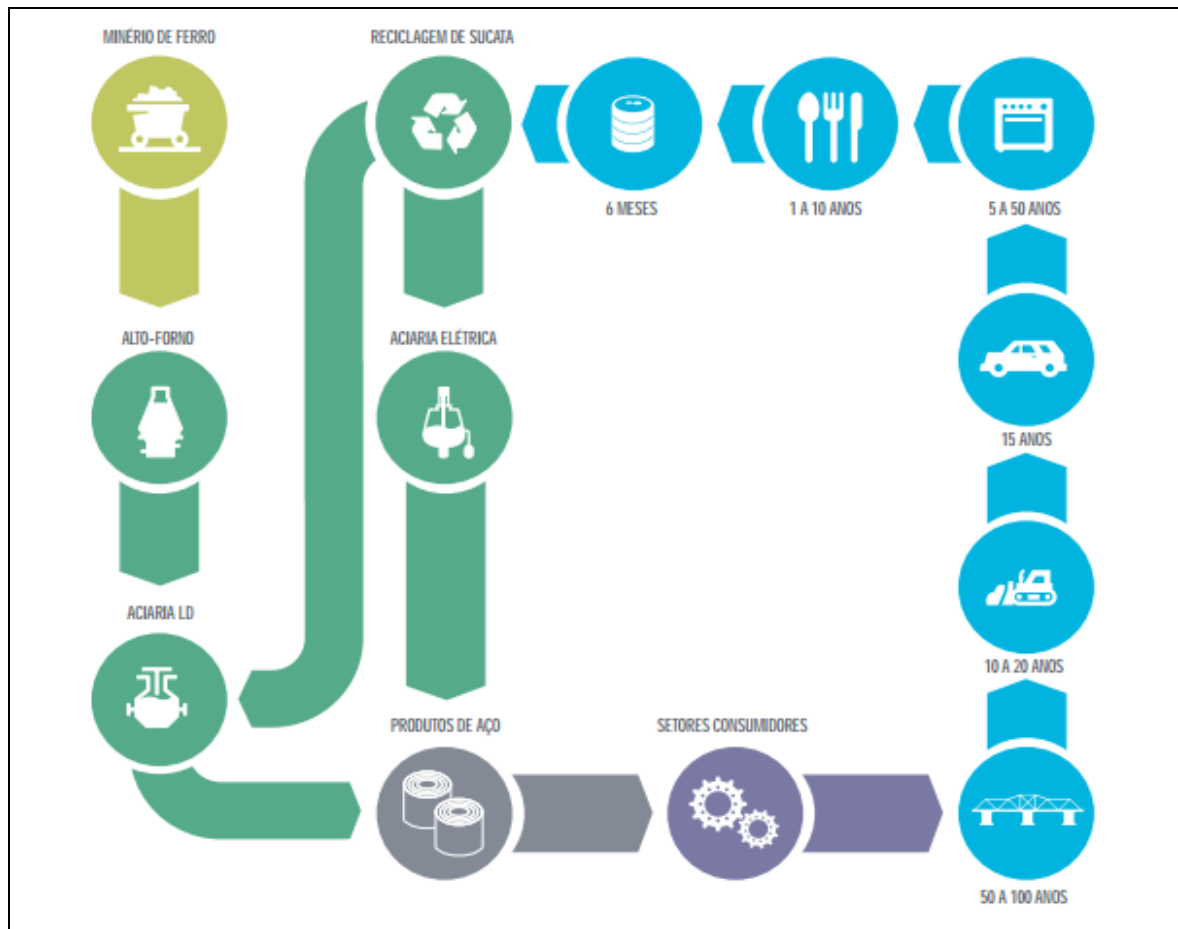
Pannoni (2009) no manual elaborado por ele, explica que a durabilidade estimada do sistema de pintura aplicado na estrutura do prédio, relacionado ao caso em estudo, é de 5 a 15 anos. Como a inspeção e consequente manutenção é de responsabilidade do proprietário, não foram obtidos dados relativos às possíveis inspeções e se houve necessidade de manutenção após sua construção que é relativamente recente.

Imagem 14 – Distribuição regional da produção de aço

ESTADO	JANEIRO/MARÇO - 2016			
	AÇO BRUTO	(%)	LAMINADOS E SEMI-ACABADOS P/ VENDAS	(%)
MINAS GERAIS	2.663,1	36,0	2.452,6	34,1
RIO DE JANEIRO	2.156,9	29,2	2.040,8	28,4
ESPÍRITO SANTO	1.740,9	23,6	1.348,5	18,8
SÃO PAULO	451,2	6,1	617,8	8,6
OUTROS	379,4	5,1	728,7	10,1
TOTAL	7.391,5	100,0	7.188,4	100,0

Fonte: Instituto Aço Brasil (2016)

Imagem 15 – Ciclo de vida do aço



Fonte: Instituto Aço Brasil (2014)

Em contrapartida, existem algumas iniciativas do Instituto Aço Brasil com o intuito de promover melhorias no que tange ao tripé da sustentabilidade, que abrange a questão econômica, social e ambiental, coordenando três importantes núcleos como o Centro de Coprodutos Aço Brasil (CCABrasil), tendo por objetivo incentivar o desenvolvimento e agregar valor aos coprodutos – como escórias, pós, lamas e carepas – para serem reaproveitados na própria fabricação do aço ou em outros setores, como a construção civil e a indústria do cimento, gerando benefícios ambientais; o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), com intuito de promover e ampliar a participação do aço no mercado nacional da construção, empreendendo estudos e pesquisas em áreas de interesse do setor e desenvolvendo sistemas industrializados intensivos em aço, como estruturas e coberturas, na tentativa de responder aos desafios da construção assim como de reduzir significativamente os impactos ambientais e urbanos; e por fim o Comitê Brasileiro de Siderurgia – ABNT/CB-28, constituído em 1996, no âmbito da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, com

apoio técnico e financeiro do Instituto Aço Brasil, responsável pela elaboração das normas técnicas brasileiras de aço e de produtos siderúrgicos.

7 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

7.1 ANÁLISE ESTRUTURAL (EBERICK)

O Eberick é um software para projeto estrutural em concreto armado moldado in-loco e concreto pré-moldado, que realiza o lançamento, análise da estrutura, dimensionamento e o detalhamento final dos elementos. Com base no projeto estrutural em aço, será feito dimensionamento estrutural para o sistema estrutural de concreto armado por meio deste software, sem alteração do lançamento estrutural, para efeitos comparativos mais diretos e objetivos.

7.1.1 Ações consideradas

Para o dimensionamento da estrutura de concreto armado foram consideradas as ações do peso próprio ou carga permanente e a sobrecarga ou carga acidental medidas em kN, kN/m e kN/m², além das cargas devidas ao vento.

7.1.2 Cargas permanentes (g)

7.1.2.1 Peso próprio da estrutura de concreto armado

A cobertura permaneceu da forma originalmente projetada, conforme item 6.2.2.1, não havendo variações nos carregamentos e materiais. A estrutura de concreto armado, composta por lajes técnica e de piso, pilares e vigas, possui um peso total de 3848,13 kN, conforme levantamento demonstrado nas tabelas do apêndice C.

7.1.3 Cargas acidentais (q)

De acordo com a ABNT NBR 6120: 2000, para o caso em estudo a carga acidental referente ao uso e ocupação é de 4 kN/m², sendo mantida a carga acidental de 5 kN/m² das lajes.

7.1.4 Cargas devidas ao vento

As cargas devidas ao vento são obtidas conforme item 6.2.4, que atuam da mesma forma em diferentes estruturas.

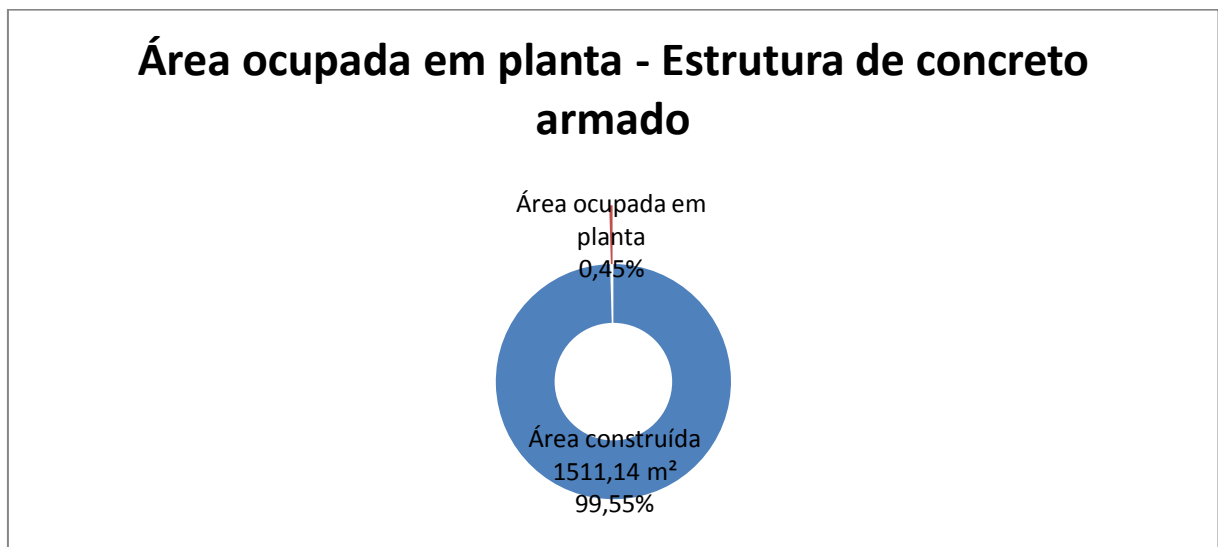
7.1.5 Combinação das ações

As combinações das ações seguiram as recomendações da ABNT NBR 6118:2014, não fazendo parte deste estudo de caso a demonstração do redimensionamento, que será exercida pelo software Eberick, apenas a análise comparativa conforme objetivos específicos deste trabalho.

7.1.6 Áreas úteis

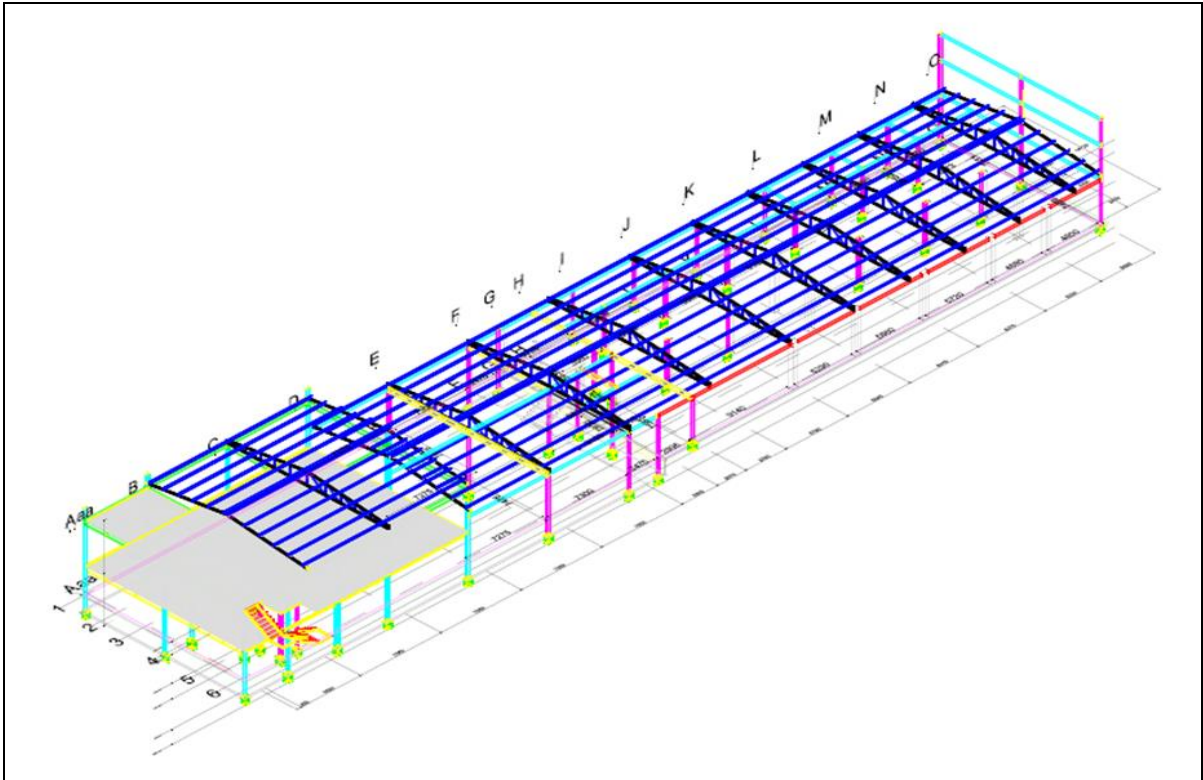
Foram realizados os cálculos das áreas dos pilares projetadas em planta, desconsiderando as vedações e o pé direito para a composição das áreas úteis, conforme tabelas no apêndice C e demonstração no gráfico a seguir.

Gráfico 2 – Área ocupada em planta



Fonte: Autora – Apêndice C

Imagem 17 – Estrutura de concreto armado 3D



Fonte: Autora – Apêndice B

7.2 FUNDAÇÕES

As fundações precisariam ser redimensionadas para suportar o carregamento da estrutura de concreto armado, muito superior ao carregamento da estrutura metálica, não fazendo parte deste estudo de caso o redimensionamento, apenas a análise do efeito nas fundações.

7.3 LOGÍSTICA E INFRAESTRUTURA

Para o caso em estudo, se o sistema estrutural fosse de concreto armado, o planejamento logístico necessário para a execução da obra com concreto usinado e formas de madeira, utilizando a mesma quantidade de mão de obra empregada para o sistema estrutural em aço, assim como fechamento com tapumes, contêiner banheiro e contêiner chuveiro, espaço destinado aos rejeitos oriundos de limpeza e produção, espaço para o almoxarifado, conforme a NR 18:2015, de acordo com Vieira (2006), exigiria uma complexidade maior que para o sistema estrutural em aço e seriam necessários os equipamentos como caminhão munck, caminhão lançador, vibrador de imersão, mantas para a realização da cura do concreto,

andaimes; definição do espaço disponível para marcenaria (montagem das formas) e para a armação (corte, dobra e pré-montagem) e demais espaços necessários para movimentação de materiais, equipamentos e pessoas.

7.4 ORÇAMENTO

Tabela 24 – Orçamento para o sistema estrutural em concreto armado

Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em concreto armado							
Item	Descrição	Un.	Clas.	Qtd/Coef.	Preço Unit. (R\$)	Preço Total (R\$)	Consumo
1.	CONCRETO estrutural dosado em central , fck 25 MPa			103,39			
1.1	Concreto dosado em central convencional brita 1 e 2 (resistência: 25 MPa) pilares	m³	MAT.	0,300	246,89	7.653,59	31
1.2	Concreto dosado em central convencional brita 1 e 2 (resistência: 25 MPa) vigas	m³	MAT.	0,502	246,89	12.823,47	51,94
1.3	Concreto dosado em central convencional brita 1 e 2 (resistência: 25 MPa) lajes	m³	MAT.	0,198	246,89	5.048,90	20,45
					Total s/ Taxas (Unit.):	12.823,47	
				LS(%):126,00	Valor LS:	-	
				BDI(%):25,00	Valor BDI:	3.205,87	
					Valor Total c/ Taxas:	16.029,34	
Item	Descrição	Un.	Clas.	Qtd/Coef.	Preço Unit.(R\$)	Preço Total(R\$)	Consumo

2.	TRANSPORTE, lançamento, adensamento e acabamento do concreto em estrutura			103,39			
2.1	Ajudante	h	M.O.	0,2	4,08	84,37	20,678
2.2	Pedreiro	h	M.O.	1,65	6,28	1.071,33	170,5935
2.3	Servente	h	M.O.	4,5	4,08	1.898,24	465,255
2.4	Energia elétrica	kW	MAT.	0,15	0,26	4,03	15,5085
2.5	Vibrador de imersão, elétrico, potência 1 HP - aquisição	un	EQ.A Q.	0,0000196 2	1386,27	2,81	0,002
					Total s/ Taxas(Unit .):	3.060,78	
				LS(%):126, 00	Valor LS:	3.847,96	
				BDI(%):25 ,00	Valor BDI:	765,20	
					Valor Total c/ Taxas:	7.673,94	
Item	Descrição	Un.	Clas.	Qtd/Coef.	Preço Unit.(R\$)	Preço Total(R\$)	Consumo
3.	ARMADURA de aço para estruturas em geral, CA-25, diâmetros 5mm, 6,3mm, 8mm, 10mm, 12,5mm, 16mm e 20mm corte e dobra na obra			6049,44			
3.1	Ajudante de armador	h	M.O.	0,1	4,50	2.722,25	604,944
3.2	Armador	h	M.O.	0,1	6,28	3.799,05	604,944
3.3	Espaçador circular de plástico para pilares, fundo e laterais de vigas, lajes, pisos e estacas (cobrimento: 30 mm)	un	MAT.	1,82	0,11	1.211,10	11009,98

3.4	Barra de aço CA-60 3/16" (bitola: 5 mm / massa linear: 0,154 kg/m)	kg	MAT.	0,23	6,04	8.487,29	1405,18
3.5	Barra de aço GG-50 1/4" (bitola: 6,3 mm / massa linear: 0,254 kg/m)	kg	MAT.	0,01	6,04	522,76	86,55
3.5	Barra de aço GG-50 5/16" (bitola: 8 mm / massa linear: 0,395 kg/m)	kg	MAT.	0,15	6,04	5.491,08	909,12
3.5	Barra de aço GG-50 3/8" (bitola: 10 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	MAT.	0,40	6,04	14.490,02	2399,01
3.6	Barra de aço GG-50 1/2" (bitola: 12,5 mm / massa linear: 0,963 kg/m)	kg	MAT.	0,11	6,04	4.142,96	685,92
3.6	Barra de aço GG-50 5/8" (bitola: 16 mm / massa linear: 1,578 kg/m)	kg	MAT.	0,06	6,04	2.228,76	369
3.6	Barra de aço GG-50 3/4" (bitola: 20 mm / massa linear: 2,466 kg/m)	kg	MAT.	0,03	6,04	1.175,75	194,66
3.7	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	kg	MAT.	0,03	12,55	2.277,61	181,48
					Total s/ Taxas(Unit .):	46.548,63	
				LS(%):126,00	Valor LS:	8.216,84	
				BDI(%):25,00	Valor BDI:	11.637,16	
					Valor Total c/ Taxas:	66.402,63	
Item	Descrição	Un.	Clas.	Qtd/Coef.	Preço Unit.(R\$)	Preço Total(R\$)	Consumo

4.	Laje técnica feita com vigota e tavela, espessura 15cm			89			
4.1	Ajudante de armador	h	M.O.	3,5	4,50	1.401,75	311,5
4.2	Armador	h	M.O.	3,5	6,28	1.956,22	311,5
4.3	Pedreiro	h	M.O.	3	6,28	1.676,76	267
4.4	Servente	h	M.O.	3	4,08	1.089,36	267
4.5	Mestre	h	M.O.	6,50	37,50	21.693,75	578,5
4.6	Tela soldada f 4,2 (10X10)	m²	MAT.	1	14,95	1.330,55	89
4.7	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	kg	MAT.	0,25	12,55	279,24	22,25
4.8	Vigotas	m	MAT.	2,56	15,00	3.420,00	228
4.9	Tabelas	m²	MAT.	0,88	50,00	3.916,00	78,32
4.10	Energia elétrica	kW	MAT.	0,15	0,26	3,47	13,35
4.11	Vibrador de imersão, elétrico, potência 1 HP - aquisição	un	EQ.A Q.	0,0000196 2	1386,27	2,42	0,002
					Total s/ Taxas(Unit .):	36.769,52	
				LS(%):126, 00	Valor LS:	35.050,48	
				BDI(%):25 ,00	Valor BDI:	9.192,38	
					Valor Total c/ Taxas:	81.012,38	
Item	Descrição	Un.	Clas.	Qtd/Coef.	Preço Unit.(R\$)	Preço Total(R\$)	Consumo
5.	Laje do mezanino feita com vigota e tavela, espessura 13cm			304			
5.1	Ajudante de armador	h	M.O.	3,5	4,50	4.788,00	1064
5.2	Armador	h	M.O.	3,5	6,28	6.681,92	1064

5.3	Pedreiro	h	M.O.	3	6,28	5.727,36	912
5.4	Servente	h	M.O.	3	4,08	3.720,96	912
5.5	Mestre	h	M.O.	6,50	37,50	74.100,00	1976
5.6	Tela soldada f 4,2 (10X10)	m²	MAT.	1	14,95	4.544,80	304
5.7	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	kg	MAT.	0,25	12,55	953,80	76
5.8	Vigotas	kg	MAT.	2,56	15,00	11.681,80	778,79
5.9	Tabelas	kg	MAT.	0,88	50,00	13.376,00	267,52
5.10	Energia elétrica	kW	MAT.	0,15	0,26	11,86	45,6
5.11	Vibrador de imersão, elétrico, potência 1 HP - aquisição	un	EQ.A Q.	0,0000196 2	1386,27	8,27	0,006
					Total s/ Taxas(Unit.):	125.594,77	
				LS(%):126,00	Valor LS:	119.722,98	
				BDI(%):25,00	Valor BDI:	31.398,69	
					Valor Total c/ Taxas:	276.716,44	
Item	Descrição	Un.	Clas.	Qtd/Coef.	Preço Unit.(R\$)	Preço Total(R\$)	Consumo
6.	FÔRMA feita em obra para PILARES, VIGAS, ESCADAS E LAJE com chapa compensada plastificada, e=12mm			1691,21			
6.1	Ajudante de carpinteiro	h	M.O.	0,406	4,50	3.089,84	686,63
6.2	Carpinteiro	h	M.O.	1,624	6,28	17.248,18	2.746,53

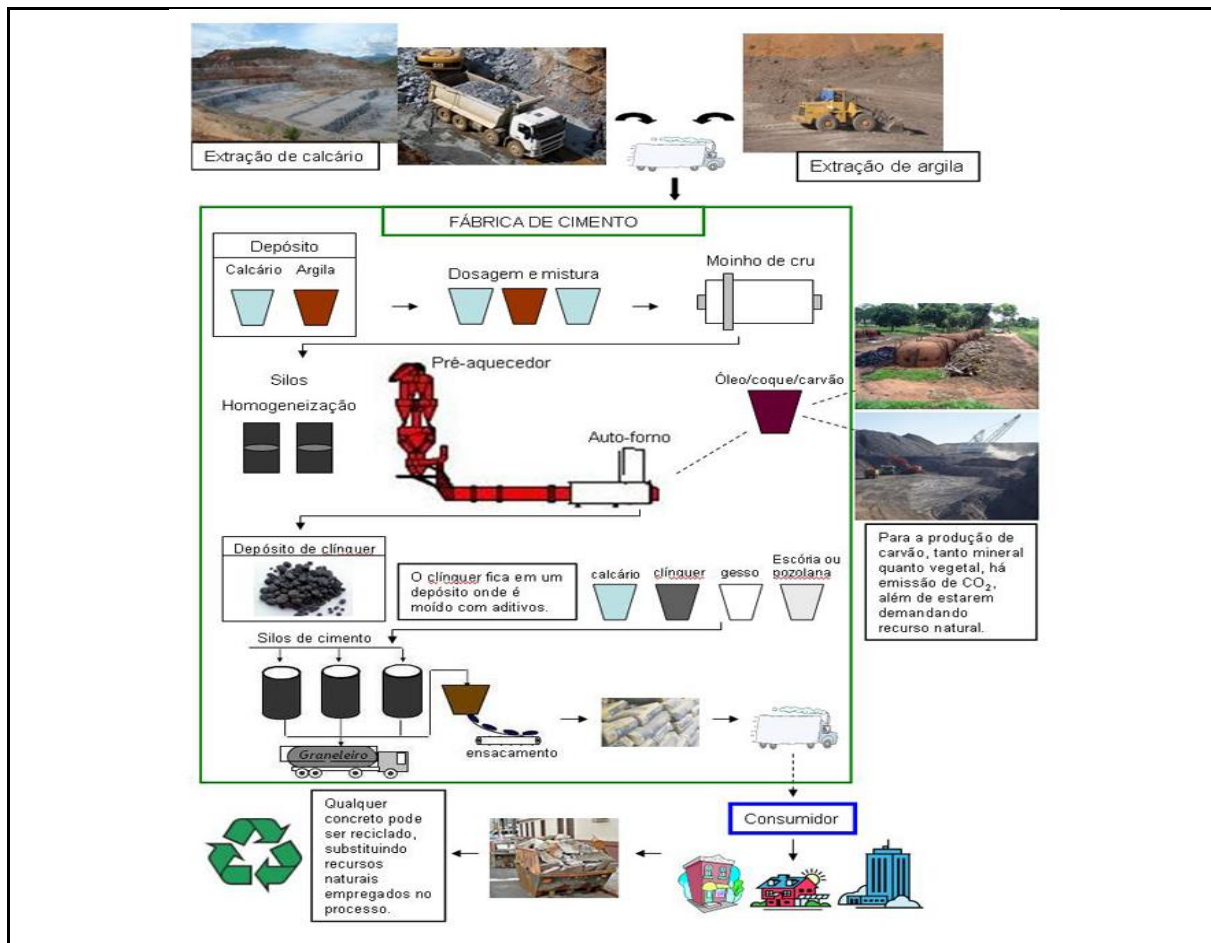
6.3	Chapa compensada plastificada (comprimento: 2200 mm / espessura: 12 mm / largura: 1100 mm)	m ²	MAT.	1,25	23,94	50.609,46	2.114,01
6.4	Desmoldante de fôrmas para concreto	l	MAT.	0,08	8,87	1.200,08	135,30
6.5	Ripas 2" x 1" (altura: 50 mm / largura: 25 mm)	m	MAT.	1,8	5,50	16.742,98	3.044,18
					Total s/ Taxas(Unit .):	17.943,06	
				LS(%):126,00	Valor LS:	25.625,90	
				BDI(%):25,00	Valor BDI:	4.485,77	
					Valor Total c/ Taxas:	48.054,73	
TOTAL						495.889,46	

Fonte: Autora

7.5 SUSTENTABILIDADE

Com relação ao sistema estrutural em concreto armado, de acordo com Silva e John (2015), considerando apenas o consumo de energia e emissão de CO₂ para produção de cimento, água para produção e cura do concreto, este seria considerado pouco sustentável. Conforme os autores, o setor de cimento é responsável por aproximadamente 5% das emissões de gases de efeito estufa (GEE), em função do processo de produção motivado pela calcinação de matérias-primas e consumo de combustíveis para produção de clínquer. A avaliação do ciclo de vida de um produto, processo ou sistema, engloba a extração, processamento, produção, transporte, distribuição, uso, reuso, manutenção, reciclagem e disposição final. Sendo assim, a sustentabilidade de qualquer produto, processo ou sistema está vinculado ao seu ciclo de vida. Ciclos de vida mais longos tornam, por consequência, o produto, processo ou sistema mais sustentável, evidenciando a relatividade deste conceito, conforme imagem 18.

Imagem 18 – Ciclo de vida do cimento



Fonte: <http://www.amda.org.br/?string=interna-projetos&cod=28>

Com relação à durabilidade e manutenibilidade, conforme a ABNT NBR 6118:2014, assim como ABNT NBR 15575:2013, durabilidade é a segurança, estabilidade e desempenho adequado em serviço ao longo de toda a vida útil prevista para a estrutura, que é de no mínimo 50 anos, conforme item 6.5, sem intervenções significativas, quando respeitadas às exigências que limitem a deterioração da estrutura provocada por agressões do meio ambiente em que está inserida, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção.

De acordo com Carvalho e Filho (2014), a durabilidade das estruturas de concreto depende, também, da cooperação e esforços coordenados do(s) proprietário(s), usuário(s), responsáveis pelo projeto arquitetônico, estrutural, tecnologia do concreto e execução. Ainda de acordo com os referidos autores, a durabilidade das estruturas é absolutamente dependente das características do concreto, espessura e qualidade do concreto de cobrimento da armadura. Para garantir a durabilidade, é necessário tomar os seguintes cuidados durante a fase de projeto, como identificar a região, levando em consideração que possuímos oito diferentes

Zonas Bioclimáticas, para definir a classe de agressividade ambiental (CAA) e identificar o uso da construção.

Sendo assim, para o caso em estudo e conforme orientações das normas vigentes, ensaios comprobatórios de desempenho para durabilidade e experiência dos autores supracitados, se respeitadas às espessuras e qualidade do concreto para a classe de agressividade ambiental II (moderada) para ambiente urbano, com risco considerado pequeno de deterioração da estrutura; a relação água/cimento em massa deve ser $\leq 0,60$, possuir classe de concreto $\geq C25$, conforme ABNT NBR 8953:2015, cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655:2015 e apresentar cobrimento mínimo de 2,5 cm na laje, 3 cm nas vigas e pilares e 4,5 cm de cobrimento nos trechos de pilares junto aos elementos de fundações. E, além destas especificações, utilizar uma camada de resina ou selante para aumentar a proteção das estruturas.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

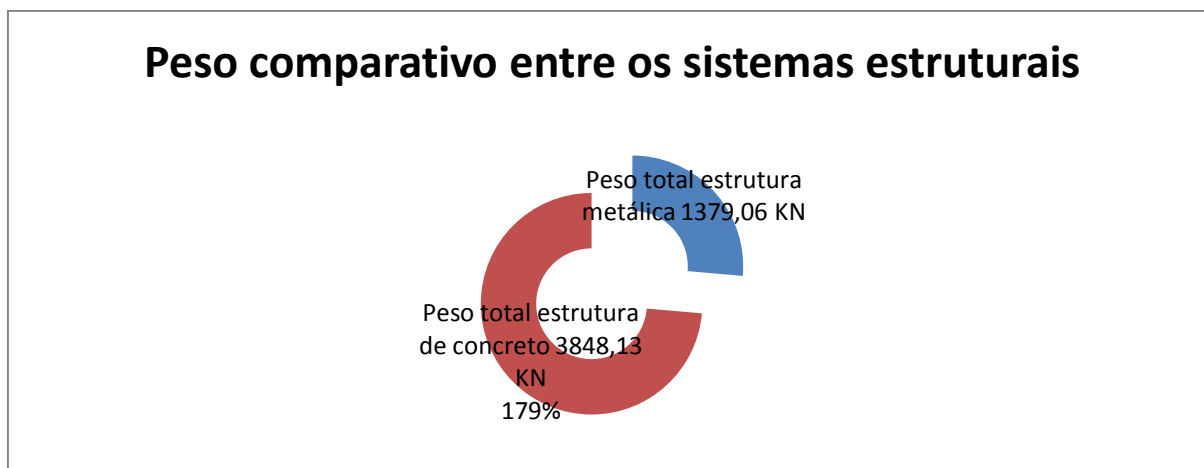
8.1 ANÁLISE ESTRUTURAL

Com base nos itens 6.2 e 7.1, os comparativos descritos nos objetivos específicos deste trabalho são definidos nos itens 8.1.1 e 8.1.2, como segue.

8.1.1 Comparativo entre pesos dos sistemas estruturais

Conforme tabelas do apêndice C e demonstrado no gráfico a seguir.

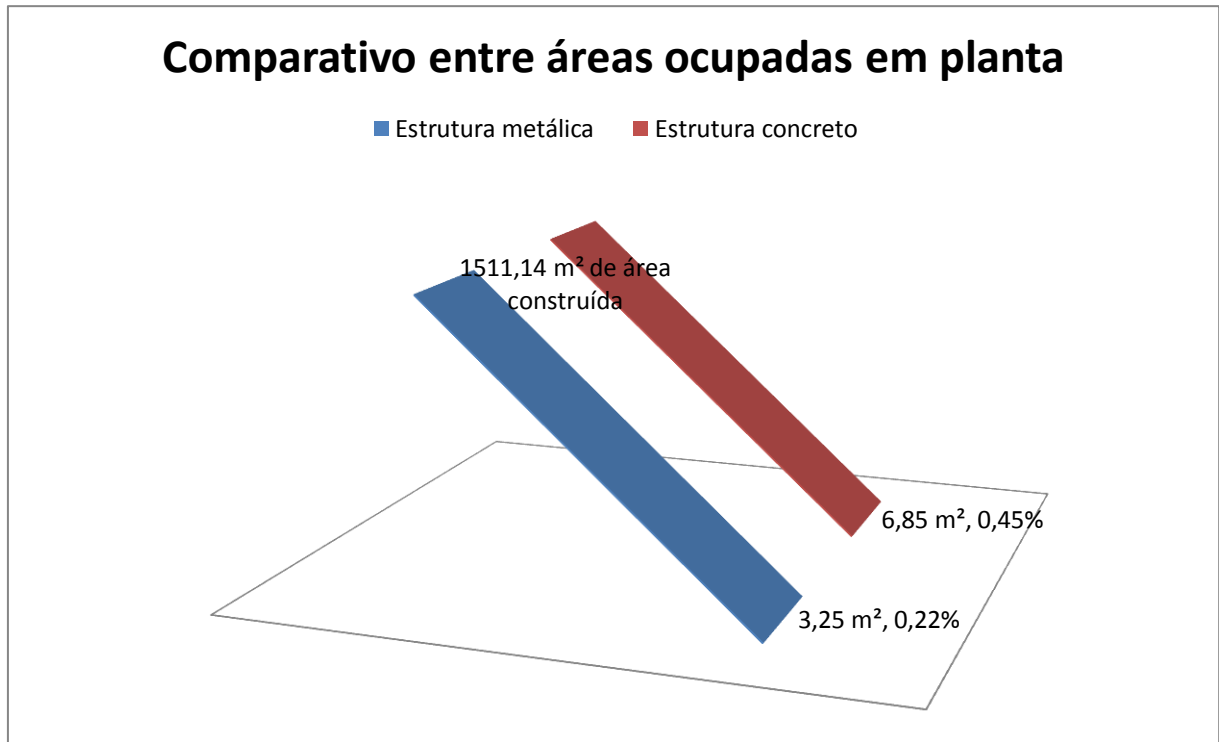
Gráfico 3 – Comparativo entre os pesos dos sistemas estruturais



Fonte: Autora – Apêndice C

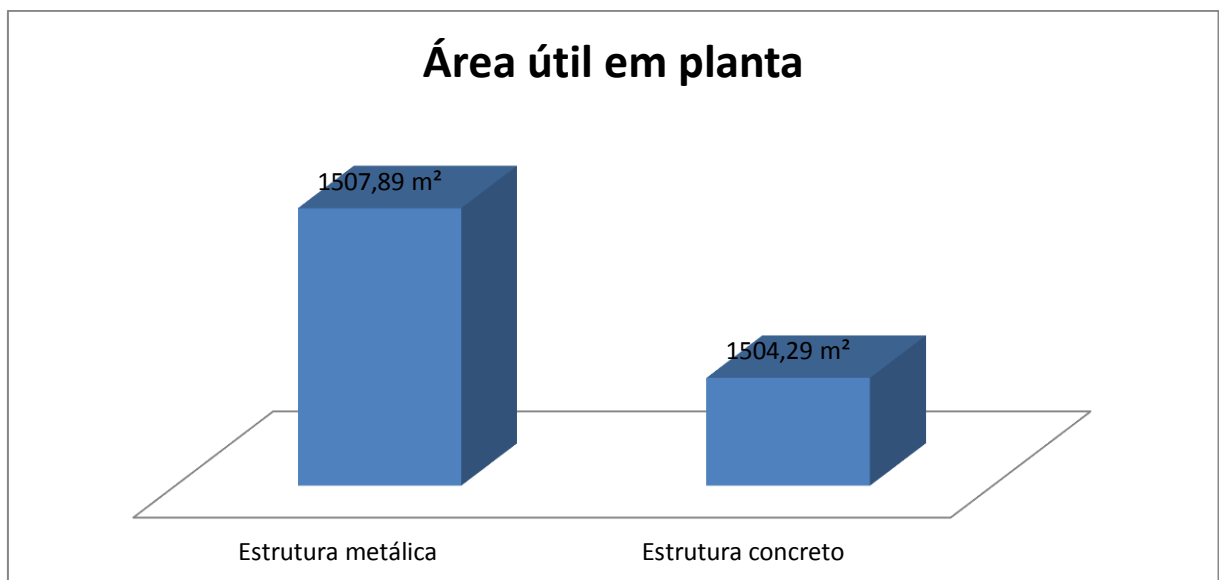
8.1.2 Comparativo entre as áreas úteis dos sistemas estruturais

Gráfico 4 – Área ocupada em planta



Fonte: Autora – Apêndice C

Gráfico 5 – Área útil



Fonte: Autora – Apêndice C

8.2 FUNDAÇÕES

Com base no estudo elaborado para esse trabalho, as fundações necessárias para suportar o carregamento com um sistema estrutural em concreto armado, conforme item 7.2 teriam dimensões superiores às dimensões descritas no item 6.3. Se as dimensões fossem mantidas, as fundações poderiam sofrer recalques excessivos e/ou flambagem. O valor-limite de serviço para uma determinada deformação em função do carregamento poderia causar trincas inaceitáveis que certamente comprometeriam a funcionalidade plena da obra, reduzindo sua vida útil. Por outro lado, o redimensionamento das fundações, aumentaria o consumo de materiais, a profundidade e espessura das estacas ou o número de estacas, assim como dos blocos de coroamento; e de acordo com o laudo anexo, seriam necessárias providências com relação à posição do nível da água, como obras de drenagem ou maior aprofundamento das estacas.

8.3 LOGÍSTICA E INFRAESTRUTURA

A logística necessária para executar um sistema estrutural em aço exige mão de obra mais especializada para montagem e soldagem das peças, espaço adequado para acomodar e equipamentos para movimentar e instalar os perfis, além da infraestrutura básica para qualquer obra; e para executar a obra no mesmo intervalo de tempo com sistema estrutural em concreto armado, exigiria mão de obra mais numerosa, e conforme opção logística descrita no item 7.3, espaço para manobrar o caminhão betoneira e lançadeira, espaço para produzir as formas, preparar as armaduras e equipamentos para movimentar os materiais e escoras, levando em consideração, ainda, o tempo necessário para o preparo e cura do concreto. Evidenciando, conforme defende Vieira (2006), que embora a industrialização da construção exija equipamentos específicos, maior capacidade tecnológica, e mão de obra mais especializada, também favorece um maior controle dos materiais e processos envolvidos e, quando bem planejada, redução significativa de desperdícios e do tempo necessário para execução.

8.4 ORÇAMENTO

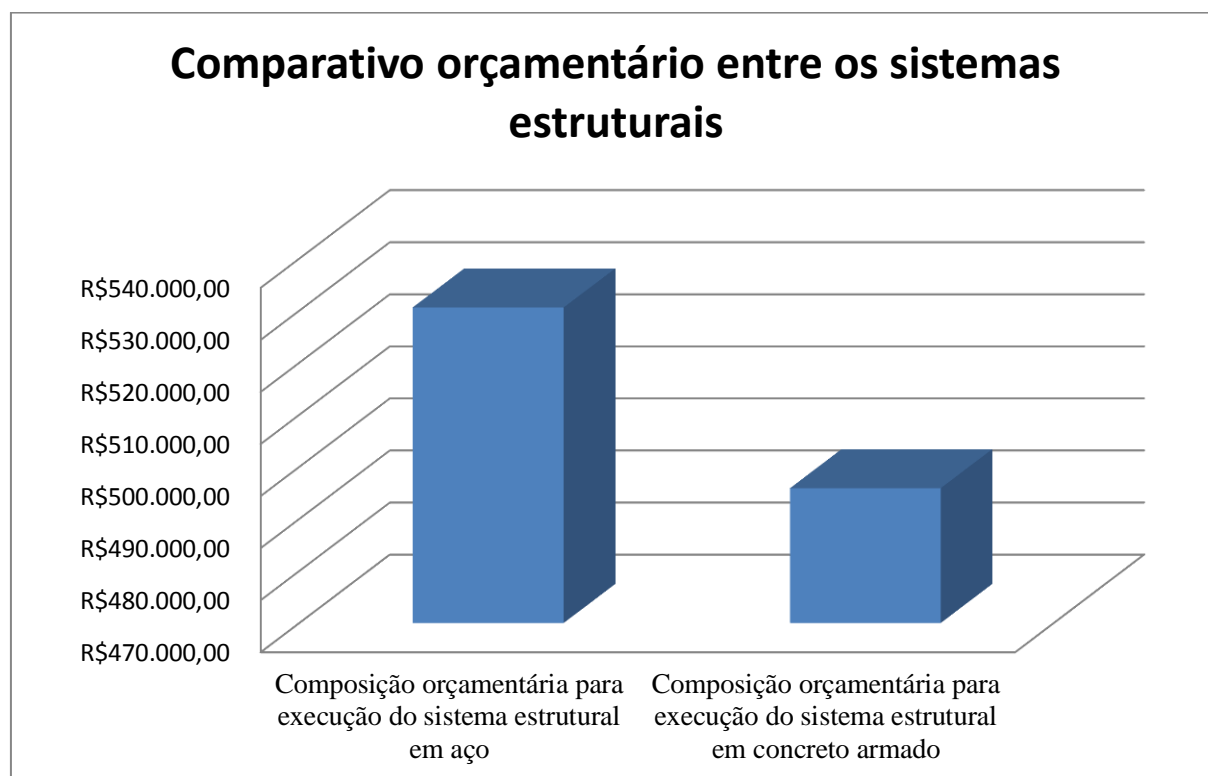
Para o orçamento proposto o valor para a execução de uma estrutura em aço é 7,00% superior ao orçamento necessário para executar uma estrutura em concreto armado.

Tabela 30 – Orçamento comparativo

Orçamento comparativo	
Descrição	Preço total
Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em aço	R\$ 530.601,23
Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em concreto armado	R\$ 495.889,46

Fonte: Autora

Gráfico 14 – Orçamento comparativo



Fonte: Autora

8.5 SUSTENTABILIDADE

Para comparar a sustentabilidade de cada sistema, é preciso antes de tudo ter a consciência de que qualquer sistema pode ser insustentável se não for adequadamente projetado e executado, se a logística for inadequada, se não forem respeitadas as periodicidades de inspeção e realizadas as manutenções necessárias e previstas. Além do exposto, deve haver um controle rigoroso da destinação adequada dos resíduos e rejeitos gerados durante a execução da obra e industrializar a construção, o máximo possível.

Com relação a durabilidade e manutenibilidade, conforme os itens 6.6 e 7.5, qualquer sistema estrutural pode ter grande durabilidade, tendo a vida útil determinada em projeto, que de acordo com a norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013 deve ser, para qualquer

sistema estrutural, de no mínimo 50 anos para um nível mínimo de desempenho e fica dependente de inspeção com periodicidade anual e manutenção, conforme determinado por norma. O projeto estrutural deve prever a vida útil, os estados-limites últimos e de serviço, além de facilitar a manutenção e deve prever e permitir que a fabricação, manuseio, transporte, montagem, produção da estrutura sejam executados de maneira adequada e em boas condições de segurança.

9 CONCLUSÕES

A análise que resultou na escolha por estrutura metálica foi holística, levou em consideração a necessidade de celeridade na execução da estrutura por se tratar de um prédio comercial, economia nas fundações, economia na quantidade de mão de obra, pois mão de obra mais enxuta é logisticamente mais eficaz, além da ausência de desperdício de matéria prima em função do nível de industrialização do sistema.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A jornada representada pela vida acadêmica e resumida no presente trabalho de conclusão de curso, com base nas informações elencadas, na experiência dos diversos autores citados neste trabalho e no estudo de caso, torna evidente a relatividade do que se considera uma escolha ideal para toda e qualquer situação. Este estudo comparativo entre dois sistemas estruturais evidenciou a importância do estudo preliminar e análise sistêmica das variáveis envolvidas para embasar uma escolha e fazer a opção mais viável para cada situação. As diferenças climáticas, de qualidade de mão de obra, de infraestrutura, de tecnologia disponível, de classe de agressividade, de distâncias a serem percorridas, do tipo de ocupação, de prazo de entrega, de necessidade e frequência de intervenções na manutenção e de espaço disponível, são determinantes para viabilizar ou inviabilizar uma escolha. Sendo assim, o que é perfeitamente viável em um determinado local e situação, pode ser inviável em outro, não havendo uma solução única, ou perfeita para todas as situações.

Fica como sugestão de continuidade para trabalhos futuros, estudo comparativo com outros sistemas estruturais como alvenaria estrutural, concreto protendido, light steel frame, entre outros, assim como comparação somente com a logística, ou com a sustentabilidade, somente com relação às áreas úteis ou ainda comparação somente relacionada à inspeção, manutenção e patologias.

REFERÊNCIAS

ADÃO, Francisco Xavier; HEMERLY, Adriano Chequetto. **Concreto Armado: Novo Milênio – Cálculo Prático e Econômico**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2010.

AGÊNCIA SENADO. **Sem vontade política, Brasil recicla apenas 3% do lixo urbano**. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2014/04/23/sem-vontade-politica-brasil-recicla-apenas-3-do-lixo-urbano>>. Acesso em: abr 2016.

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **Projeto Estrutural de Sapatas**. 2007. (Material didático) - disciplina de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6023: Informação e documentação – Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro, 2002.

_____. – ABNT. **NBR 6027: Informação e documentação – Sumário - Apresentação**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. – ABNT. **NBR 14724: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. – ABNT. **NBR 10520: Informação e documentação – Citações em documentos - Apresentação**. Rio de Janeiro, 2002.

_____. – ABNT. **NBR 6034: Informação e documentação – Índice - Apresentação**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. – ABNT. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. – ABNT. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. – ABNT. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. – ABNT. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. – ABNT. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2000.

_____. – ABNT. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. – ABNT. **NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundação de edifícios**. Rio de Janeiro, 1983.

_____. – ABNT. **NBR 9061: Segurança de escavação a céu aberto**. Rio de Janeiro, 1985.

_____. – ABNT. **NBR 13752: Perícias de engenharia na construção civil**. Rio de Janeiro, 1996.

_____. – ABNT. **NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. – ABNT. **NBR 14037: Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação**. Rio de Janeiro, 1998.

_____ – ABNT. **NBR 6648: Bobinas e chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural** — Especificação. Rio de Janeiro, 2014.

_____ – ABNT. **NBR 6649: Bobinas e chapas finas a frio de aço-carbono para uso estrutural** — Especificação. Rio de Janeiro, 2014.

_____ – ABNT. **NBR 6650: Bobinas e chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural** — Especificação. Rio de Janeiro, 2014.

_____ – ABNT. **NBR 7007: Aço carbono e microligados para barras e perfis laminados a quente para uso estrutural**. Rio de Janeiro, 2011.

_____ – ABNT. **NBR 5921: Bobinas e chapas finas laminadas a quente e de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural** – Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

_____ – ABNT. **NBR 5920: Bobinas e chapas finas laminadas a frio e de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural** – Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

_____ – ABNT. **NBR 5008: Bobinas e chapas grossas laminadas a quente de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural** – Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

_____ – ABNT. **NBR 15980: Perfis laminados de aço para uso estrutural** — Dimensões e tolerâncias. Rio de Janeiro, 2011.

_____ – ABNT. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland** – Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

_____ – ABNT. **NBR 8953: Concreto para fins estruturais** – Classificação por grupos de resistência. Rio de Janeiro, 2015.

_____ – ABNT. **NBR 5674: Manutenção de edificações** – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

_____ – ABNT. **NBR 15575: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos**. Rio de Janeiro, 2013.

_____ – ABNT. **NBR 14037: Manual de operação, uso e manutenção das edificações** – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro, 2014.

_____ – ABNT. **NBR 15421: Projeto de estruturas resistentes a sismos** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____ – ABNT. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 2013.

_____ – ABNT. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2015.

_____ – ABNT. **NBR 13532: Elaboração de projetos de edificações** - Arquitetura. Rio de Janeiro, 1995.

_____ – ABNT. **NBR 14645: As Built** – partes 1, 2 e 3. Rio de Janeiro, 2001, 2005 e 2011.

BADRA, Pedro Antonio Lousan. **Guia prático de orçamento de obras: do escalímetro ao BIM**. São Paulo: PINI, 2012.

BASTOS, Lília da Rocha, et al. **Manual para a elaboração de projetos e relatórios de pesquisas, teses, dissertações e monografias**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. V.1.

- BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. V.2.
- BELLEI, Ildony H. **Edifícios industriais em aço: Projeto e cálculo**. São Paulo: PINI, 2010.
- CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Paulo: PINI, 2013. V.2.
- CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Carlos: EdUFSCar, 2014.
- CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de concreto armado: Fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. Brasília: Editora UnB, 2013.
- DIAS, Marco Aurélio. **Logística, transporte e infraestrutura**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2012.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Organizadoras). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 50.001: Energy Management**. Switzerland, 2011. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy.pdf>. Acesso em: abr 2016.
- INSTITUTO AÇO BRASIL. **Relatório de sustentabilidade 2014**. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site2015/downloads/Relatorio_Sustentabilidade_2014.pdf>. Acesso em: abr 2016.
- INSTITUTO AÇO BRASIL. **Estatística preliminar** – março 2016. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/arquivos/estatisticas/ESTATIS%20PDF/Preliminar_Marco_2016.pdf>. Acesso em: abr 2016.
- KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: BOOKMAN, 2009.
- MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: PINI, 2010.
- MOTA, Suetônio. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- NALINI, José Renato. **Ética ambiental**. Campinas: Millennium Editora, 2010.
- NORMA REGULAMENTADORA – NR. **NR 18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Brasília, 2015.
- OLIVEIRA, Jorge Antonio da Cunha. **Orçamento de obras: Conceitos Iniciais e Requisitos do Orçamento**. Brasília: UniCEUB, 2015.
- OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Tratado de metodologia científica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- PANNONI, Fábio Domingos. **Projeto e durabilidade**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2009.
- PORTO, Thiago Bomjardim; FERNANDES, Danielle Stefane Gualberto. **Curso básico de concreto armado**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- SANTOS, Maria Fernanda N. dos; BATTISTELLE, Rosane Aparecida G.; HORI, Clara Yoshico; JULIOTI, Plínio Silvio. **Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil**. Revista GEPROS, Baurú, ano 6, n 2, p.57-73, abr/junho 2011.
- SILVA, Cláudio Oliveira; JOHN, Vanderley M. **Aplicação da ACV e da produção mais limpa em empresas de artefatos de cimento**. Revista Concreto & Construções, São Paulo, ano 42, n 77, p.25-31, jan/março 2015.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como reduzir perdas nos canteiros:** Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: PINI, 2005.

VIEIRA, Helio Flavio. **Logística aplicada à construção civil:** Como melhorar o fluxo de produção nas obras. São Paulo: PINI, 2006.